

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

DISERTACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

DE INGENIERO CIVIL

"DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO PRODUCIDO POR LA ACCIÓN DEL CLIMA EN DIFERENTES MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN UTILIZADOS EN EDIFICACIONES DE LA CIUDAD DE QUITO."

AUTOR:

CRISTIAN ANDRÉS PAZOS CASTILLO

QUITO, 2018

DEDICATORIA

A mis padres por ser el mejor apoyo para poder cumplir mis sueños y metas en la vida.

A mi querida tía Anita que mientras estuvo conmigo supo aconsejarme y darme todo el apoyo para que saliera adelante en la vida.

A mi abuelitos y hermanos que han sido pilares fundamentales en mis decisiones adoptadas.

Cristian Pazos

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento:

A la PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR que por medio de sus docentes me ha permitido cultivar conocimientos valiosos para poderme desenvolver en la vida profesional.

Al Dr. Jose Luis Piñeiros que me dio la oportunidad de participar en este proyecto de investigación y que a través de sus enseñanzas me ha permitido adquirir experiencia en el campo de la investigación.

A mi familia que por medio de su apoyo y comprensión me han permitido seguir adelante con todo lo que me proponga.

Cristian Pazos

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: OBJETIVOS Y GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del Problema…… 1
1.2. Justificación…… 1
1.3. Objetivos…… 2
1.3.1. Objetivos Generales…… 2
1.3.2. Objetivos Específicos…… 2
1.4. Antecedentes…… 2
1.5. Introducción…… 3
1.6. Alcance…… 5

CAPÍTULO 2: EL CLIMA

2.1. Meteorología…… 6
2.1.1. Tiempo atmosférico…… 7
2.1.2. El clima…… 8
2.1.3. Variables meteorológicas…… 8
2.1.3.1. Radiación Solar…… 9
2.1.3.2. Temperatura…… 12
2.1.3.3. Humedad…… 17
2.2. Clasificación del Clima…… 20
2.2.1. Clasificación de koppen…… 20
2.3. El Cambio Climático…… 25
2.3.1. Causantes del cambio climático…… 25
2.3.2. Efectos del cambio climático…… 26
2.3.3. Efectos del cambio climático en obras civiles…… 27
2.4. Climas Agresivos para las edificaciones…… 28
2.5. El Clima de Quito…… 29
2.5.1. Generalidad del clima en Ecuador…… 29
2.5.2. El clima en el Distrito Metropolitano de Quito…… 31
2.5.2.1. Diversidad del clima Quiteño…… 31
2.5.2.2. Estadísticas del clima Quiteño…… 32
2.5.2.3. El cambio climático en la ciudad de Quito…… 39

CAPÍTULO 3: CAPÍTULO 3: MATERIALES USADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN QUITO

3.1. Hormigón…… 42
3.1.1. Descripción del material…… 42
3.1.1.1. Elaboración del hormigón…… 42
3.1.1.2. Vibrado y encofrado del hormigón…… 43
3.1.1.3. Hormigón Armado…… 43
3.1.1.4. Especificaciones del hormigón para su utilización en la construcción quiteña 44
3.1.2. Uso del hormigón en la construcción quiteña…… 48
3.1.3. Propiedades y ensayos del hormigón endurecido…… 49
3.1.4. Patologías del concreto…… 53
3.1.4.1. Lesiones físicas en el concreto…… 54
3.1.4.2. Lesiones mecánicas en el concreto…… 59
3.1.4.3. Lesiones químicas y biológicas en el concreto…… 60

3.2. Mortero…… 64
3.2.1. Descripción del material…… 64
3.2.1.1. Dosificación y elaboración del mortero…… 64
3.2.1.2. Tipos de mortero…… 65
3.2.1.3. Especificaciones para el uso del mortero de cemento portland en Quito… 66
3.2.2. Uso del mortero en la construcción quiteña…… 67
3.2.3. Propiedades y ensayos en el mortero…… 69
3.2.4. Patologías del mortero…… 70
3.3. Aceros…… 74
3.3.1. Descripción del material…… 74
3.3.1.1. Producción del acero…… 74
3.3.1.2. Ventajas y desventajas del uso del acero…… 75
3.3.1.3. Acero estructural: Perfiles y especificaciones…… 75
3.3.1.4. Productos de conexión…… 79
3.3.1.5. Acero de refuerzo…… 79
3.3.2. Uso del acero en la construcción quiteña…… 81
3.3.3. Propiedades físicas y mecánicas del acero…… 83
3.3.3.1. Propiedades físicas…… 83
3.3.3.2. Propiedades mecánicas…… 83
3.3.3.3. Pruebas en acero…… 85
3.3.4. Patologías del acero…… 86
3.3.4.1. Oxidación y corrosión…… 86
3.3.4.2. Factores que influyen a la corrosión del acero…… 87
3.3.4.3. Tipos de corrosión…… 89
3.3.4.4. Efectos y soluciones a la corrosión…… 93
3.4. Maderas…… 94
3.4.1. Descripción del material…… 94
3.4.1.1. Estructura de la madera…… 94
3.4.1.2. Producción de la madera…… 95
3.4.1.3. Corte en la madera…… 96
3.4.1.4. Maderas forestales en Ecuador y especificaciones para su uso en la construcción 96
3.4.2. Utilización de la madera en la construcción quiteña…… 98
3.4.3. Propiedades físicas y mecánicas de la madera…… 99
3.4.3.1. Propiedades físicas…… 99
3.4.3.2. Propiedades mecánicas…… 100
3.4.4. Patologías de la madera…… 104
3.4.4.1. Defectos de crecimiento…… 104
3.4.4.2. Alteraciones por factores abióticos…… 105
3.4.4.3. Alteraciones por factores bióticos…… 107
3.4.4.4. Prevenciones para la degradación de la madera…… 108
3.5. Plásticos…… 108
3.5.1. Descripción del material…… 108
3.5.1.1. Fabricación…… 108
3.5.1.2. Tipos de plásticos…… 108
3.5.1.3. Especificaciones para el uso de PVC en tuberías y Policarbonato para cubiertas en Quito 109
3.5.2. Utilización de plásticos en la construcción quiteña…… 110
3.5.3. Propiedades físicas y mecánicas de los plásticos…… 110
3.5.4. Patologías en el plástico…… 112

CAPÍTULO 4: EQUIPOS Y MUESTRAS UTILIZADAS PARA LA EXPERIMENTACIÓN

4.1. Cámara de control climático…… 115
4.1.1. Descripción del equipo…….. 115
4.1.1.1. Características de la cámara de envejecimiento acelerado…….. 115
4.1.2. Funcionamiento…… 116
4.1.3. Metodología utilizada para la simulación…… 117
4.1.3.1. Programa de proyección meteorológica utilizado para la experimentación 117
4.1.3.2. Cálculo de ciclos y secuencias utilizadas para la simulación……. 119
4.2. Muestras de Hormigón…… 123
4.2.1. Caracterización de los agregados…… 123
4.2.1.1. Granulometría del agregado fino…… 123
4.2.1.2. Granulometría del agregado grueso…… 124
4.2.1.3. Peso unitario de los agregados…… 126
4.2.1.4. Gravedad específica de los agregado…… 127
4.2.1.5. Abrasión…… 127
4.2.1.6. Contenido Orgánico…… 128
4.2.1.7. Humedad Natural…… 128
4.2.1.8. Desgaste a los sulfatos…… 128
4.2.2. Diseño del hormigón para una resistencia de 210 kg/cm^2…… 129
4.2.2.1. Datos necesarios para el diseño…… 129
4.2.3. Resumen de la caracterización de los agregados utilizados inicialmente para las muestras de hormigón armado…… 133
4.2.4. Características de las probetas de hormigón…… 135
4.2.4.1. Probetas de hormigón simple…… 135
4.2.4.2. Probetas de hormigón armado…… 136
4.3. Muestras de mortero…… 138
4.3.1. Caracterización de árido fino…… 138
4.3.2. Diseño de un mortero tipo M, con una resistencia de 210 kg/cm^2…… 139
4.3.3. Características de las probetas de mortero para la experimentación…… 141
4.4. Muestras de perfilería metálica…… 143
4.4.1. Características de las muestras de perfilería metálica utilizadas para la experimentación…… 143
4.5. Muestras de madera…… 147
4.5.1. Características de las muestras de madera utilizadas para la experimentación…. 147
4.5.2. Compresión paralela a la fibra…… 147
4.5.3. Compresión perpendicular a la fibra…… 148
4.5.4. Flexión…… 148
4.5.5. Humedad en madera…… 148
4.6. Muestras de plástico…… 150
4.6.1. Características de las muestras de plástico utilizadas para la experimentación…. 150
4.6.2. Flexión en policarbonato…… 150

CAPÍTULO 5: RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN

5.1. Hormigón…… 151
5.1.1. Hormigón Simple…… 151

5.1.1.1. Resultados de la experimentación mecánica..... 151
5.1.1.2. Análisis patológicos de muestras..... 153
5.1.2. Hormigón Armado..... 159
5.1.2.1. Resultados de la experimentación mecánica..... 159
5.1.2.2. Análisis patológico de muestras..... 161
5.2. Mortero..... 168
5.2.1. Resultados de la experimentación mecánica..... 168
5.2.2. Análisis patológico de muestras..... 169
5.3. Perfilería Metálica..... 175
5.3.1. Análisis patológico de muestras..... 175
5.4. Madera..... 199
5.4.1. Resultados de la experimentación mecánica..... 199
5.4.1.1. Compresión paralela a la fibra..... 199
5.4.1.2. Compresión perpendicular a la fibra..... 200
5.4.1.3. Flexión..... 202
5.4.1.4. Humedad..... 203
5.4.2. Análisis patológico de muestras..... 205
5.5. Plásticos..... 211
5.5.1. Policarbonato..... 211
5.5.1.1. Resultados de la experimentación mecánica..... 211
5.5.1.2. Análisis patológico de muestras..... 213
5.5.2. PVC..... 219
5.5.2.1. Análisis patológico de muestras..... 219

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones..... 225
6.2. Recomendaciones..... 227
6.3. Bibliografía..... 228
ANEXOS..... 235

1. CAPÍTULO 1: OBJETIVOS Y GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las condiciones climáticas a las que se ven expuestas las edificaciones, tienen una incidencia directa en el deterioro de los materiales con los cuales fueron construidas, es claro que factores climáticos como la humedad, la temperatura y la radiación solar pueden llegar a producir efectos perjudiciales en los materiales de construcción si cambian radicalmente en períodos cortos de tiempo.

El cambio climático es un fenómeno que comienza a afectar al mundo entero, el aporte a este fenómeno de América Latina es mínimo, contribuyendo con solo el 5.3% de las emisiones de CO2; Ecuador es uno de los países de América Latina que menos emisiones per cápita produce (SGCAN et al. 2007, SENPLADES et al. 2007). Sin embargo los países en vías de desarrollo como Ecuador se encuentran mayormente amenazados a los impactos del cambio climático, por no estar en capacidad de responder a los riesgos climáticos. Predicciones de los impactos del cambio climático en la región del pacífico ecuatorial argumentan que la precipitación anual en la región se incrementará por lo menos en un 20%(Bates et al.2008), y según la Dirección Nacional de Cambio Climático, producción y consumo sustentable en el Ecuador, el cambio climático no solo se evidencia en variaciones temporales y espaciales de la precipitación, sino también en el incremento sostenido de la temperatura que ya ha ocasionado en el país deshielos de nevados e incrementos en el nivel del mar. Con relación a los patrones de humedad, en el Ecuador las zonas húmedas disminuirán; mientras que las zonas secas aumentarán en aproximadamente 14%, y se prevé un incremento de 3°C si las concentraciones de gases contaminantes en el planeta continúan. (Aguirre, 2010)

Estos cambios en el clima podrían llegar a ser drásticos, y por ende pueden llegar a afectar significativamente a las edificaciones de la ciudad de Quito, por ende el poder simular condiciones climáticas similares a las que podría tener la ciudad de Quito en los próximos años, y lograr determinar las afectaciones producidas por las condiciones climáticas simuladas sobre los diferentes materiales con los cuales se encuentran construidas las edificaciones de la ciudad de Quito, permitirá a los profesionales de la construcción tomar medidas para prevenir o mitigar estas afectaciones.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El principal objetivo de la construcción es la de satisfacer y mantener las necesidades de infraestructura de la sociedad, aunque los profesionales de la construcción y obreros permiten que las distintas construcciones se lleven a cabo, los materiales utilizados para construir las obras civiles resultan ser un recurso sumamente importante, el buen estado de este recurso garantizará la vida útil de la estructura. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

La vida útil de los materiales depende de factores físicos, factores químicos y mecánicos que pueden reducirla, sin embargo el entorno donde se encuentra la infraestructura es el factor preponderante en la degradación de los materiales con los cuales fue construida, por ende el mantenimiento y la utilización de materiales resistentes al entorno favorecerán la vida útil de la infraestructura. (Broto, 2005)

El presente trabajo de titulación es planteado con la intención de conocer los posibles efectos producidos en los próximos 20 años, por cambios en las tendencias de los factores climáticos tales como la temperatura, la humedad y la radiación solar en diferentes materiales de construcción utilizados en las edificaciones Quiteñas.

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

1.2.1. ***Objetivo General***: Determinar el grado de deterioro producido por el cambio climático en diferentes materiales de construcción utilizados en edificaciones de la ciudad de Quito.

1.2.2. ***Objetivos Específicos***

1.2.2.1. Identificar que afectaciones sufrirán los materiales de construcción ensayados, por variaciones controladas de humedad, temperatura y radiación solar, propias de la ciudad de Quito, simulando un lapso de tiempo de 20 años en una cámara de control climático.

1.2.2.2. Comprobar si los materiales que serán sometidos a pruebas mecánicas (madera, hormigón armado y mortero), sufrirán deterioro en sus propiedades mecánicas, luego de ser sometidos a variaciones controladas de humedad, temperatura y radiación solar.

1.3. ANTECEDENTES

El estudio realizado de la degradación de los materiales por medio del envejecimiento acelerado comienza con el estudio de la resistencia al clima tropical de aceros galvanizados con y sin recubrimiento, con el fin de evaluar el comportamiento a la corrosión de diferentes productos de acero galvanizado con y sin recubrimiento para las condiciones de un clima tropical húmedo, mediante ensayos climáticos acelerados efectuados en cámaras climáticas y ensayos naturales en la estación marino-costera de Cojímar, en donde quedaron en evidencia los problemas que suelen presentar los aceros galvanizados al ser expuestos con y sin recubrimiento, en un ambiente tropical húmedo, así como la importancia de la adherencia para su eficaz comportamiento, bien sea con fines decorativos o para impartir una protección adicional. Los resultados reflejaron que 95% del acero galvanizado estudiado presenta una buena resistencia a la corrosión y 71% de los aceros galvanizados con recubrimientos aplicados y de ellos, 100% de los aceros galvanizados pintados no cumplieron las expectativas para las que fueron concebidos desde el punto de vista mecánico y corrosivo. Por lo tanto se evidenció la importancia del uso de recubrimiento en aceros galvanizados en zonas con climas tropicales. (SUÁREZ, 2012)

En este caso no solo se evaluará perfiles metálicos con y sin recubrimiento y que se encuentran expuestos al ambiente, si no también se evaluará diferentes materiales de construcción que usualmente se utilizan en la ciudad de Quito, la forma de experimentación también se basará en una cámara de envejecimiento pero con condiciones climáticas simuladas similares a las de la ciudad de Quito, cabe recalcar también que se realizarán pruebas físicas y mecánicas antes y después del ensayo en la cámara climática para cada uno de los materiales.

1.4. **INTRODUCCIÓN**

Los diferentes materiales utilizados en la construcción como hormigón, acero, madera, plástico entre otros, están sometidos durante su vida de servicio a factores que tienden a deteriorarlos como: acciones físicas (variaciones bruscas en la humedad, temperatura), acciones químicas, biológicas y acciones mecánicas.

El clima es el patrón que define es el estado del tiempo, y puede variar o permanecer constante durante el año; al clima se lo caracteriza en función de tres parámetros principales como son la temperatura, la humedad y la presión atmosférica, pero estos factores pueden variar en función de la zona geográfica, en los que intervienen aspectos como la distancia a la línea Ecuatorial; la altura sobre el nivel del mar; la distancia desde las costas marítimas; o, la cercanía o lejanía de las montañas. (Sanchez de Guzman, 2002, pág. 21)

Uno de los parámetros que se tomará en cuenta para determinar el grado de deterioro de cada uno de los materiales a ensayarse es la humedad, esta se refiere a la presencia de vapor de agua en el aire. Aunque casi siempre se piensa en la atmósfera simplemente como una masa de aire, lo cierto es que el vapor de agua juega un papel muy importante en su composición, incluso en las zonas áridas. Por otro lado, es común que cuando se habla del confort humano lo primero que venga a la mente es la temperatura del aire. Aunque ese parámetro es importante, la humedad ambiental también influye de manera determinante. El nivel de humedad en un sitio depende de diversos factores, entre los que se encuentran la composición de las masas de aire que llegan a él por medio del viento, la disponibilidad de cuerpos de agua y masas vegetales, el régimen de precipitaciones, las tasas de evaporación y las temperaturas promedio del aire. Existen diversos parámetros empleados para medir la humedad ambiental, entre los que se encuentran la humedad absoluta, la humedad relativa y la presión de vapor. (Sanchez de Guzman, 2002, pág. 23)

Dependiendo del ciclo que cumple el agua, el aire cercano a la superficie terrestre presenta una humedad relativa (cantidad de vapor de agua en el aire) que puede ser cambiante según la localización geográfica, la temperatura, la época del año y el régimen de vientos. Ello, desde luego afecta a los materiales de construcción y particularmente cuando hay frecuentes ciclos de humedad y secado. (Sanchez de Guzman, 2002, pág. 23).

Si bien es cierto la temperatura es un factor que puede influir en la capacidad de dilatarse o contraerse de los materiales, este proceso de dilatación y contracción de ser reiterativo en ciclos variables puede llegar a deteriorarlos. Para ello es importante recalcar que la temperatura sobre la tierra depende de la energía del sol, esta energía depende del ángulo mediante el cual los rayos de sol alcanzan la superficie terrestre, considerando también que cierta parte de la energía calorífica es atrapada por las nubes, por lo tanto la energía calorífica varía con la latitud, de esto se deduce que mientras más alejados del ecuador nos encontremos, menos energía calorífica sentiremos.

La temperatura del aire cerca de la superficie terrestre, depende de la temperatura de la tierra, ya que las plantas y los suelos absorben diferentes cantidades de energía, así como mares y lagos; por el contrario los materiales de construcción de las infraestructuras urbanísticas como el hormigón y el asfalto absorben calor en días de sol y lo liberan lentamente durante la noche, por ende las ciudades se encuentran unos cuantos grados más calientes durante la noche, que las áreas circundantes, especialmente cuando no hay viento.

Sin embargo cuando los cambios de temperatura y radiación solar son bruscos y rápidos pueden afectar a los materiales de construcción de una manera significativa, sobre todo en materiales como el hormigón que son malos conductores de calor, y donde los cambios significativos de temperatura pueden generar altos esfuerzos de tracción que los puedan facturar causando grietas o fisuras, denominado ciclos de secado y desecado, este efecto si bien es cierto produce fisuras, pero no afecta mayormente a las condiciones de trabajo del hormigón, pero sin embargo la creación de estas fisuras sobre el hormigón puede conllevar la infiltración de contaminantes, sales y otras partículas que podrían deteriorar significativamente el hormigón, comprometiendo el normal trabajo de material en la estructura. (Sanchez de Guzman, 2002, pág. 21)

Mientras en los metales el proceso más común de deterioro es la corrosión, si esta es producida por la exposición al ambiente se tratará de una corrosión atmosférica, que consiste en el deterioro de los materiales metálicos al entrar en contacto con el aire a temperatura ambiente. Se calcula que alrededor del 50 % de las pérdidas económicas totales por corrosión en los metales se produce como consecuencia de este tipo de fenómenos, cuando la humedad relativa supera el 50%, diferentes mecanismos favorecen la condensación de humedad sobre la superficie metálica expuesta y propician la formación de una película húmeda que permite el funcionamiento del mecanismo electroquímico de la corrosión. (Broto, 2006)

El tiempo que esta película húmeda permanece sobre la superficie es determinante en el deterioro del material, y el valor de humedad relativa a partir del cual se inicia el mecanismo se conoce como humedad crítica.

En el caso de la influencia de la temperatura en la corrosión atmosférica, se tendrá que tener en cuenta que el tiempo de humectación de la superficie metálica cambia asimismo con la temperatura, por lo que el resultado final dependerá no sólo de la cinética de las reacciones electroquímicas sino de la duración del contacto electrolito-metal. Así, la corrosión en poblaciones o regiones de 6 temperaturas relativamente bajas puede superar, a veces, la de otros lugares más hacia el sur, de temperatura media más elevada, donde las películas de humedad se evaporan rápidamente. Esta situación de tendencias opuestas introduce un factor de incertidumbre respecto a la variable temperatura. (Broto, 2006)

En el caso de la madera existen los problemas de enmohecimiento o florecimiento de hongos y de pudriciones, que se producen por la acción de la humedad y temperatura, generalmente cuando la humedad es del 30% y temperaturas de 25°C a 30°C. (CEAC, 1983)

Con respecto a los plásticos usados en la construcción y que se encuentran expuestos al ambiente, la principal razón por la cual se degradan estos materiales es por el calor atrapado por el material, la alta temperatura puede produce dilataciones térmicas cuyo efecto es la aparición de fisura, también el efecto de los rayos U.V puede ocasionar una decoloración del material. (Elguera, 2004)

1.5. ALCANCE

La investigación a realizarse tendrá un carácter exploratorio, ya que se simulará en una cámara de envejecimiento acelerado variaciones del clima a las que estarían sometidas las diferentes muestras de materiales de construcción en un lapso de tiempo determinado, el control climático de la cámara nos permitirá tener resultados en periodos muy cortos de tiempos en comparación al tiempo simulado(5 años simulados equivalen a 19,25 días en tiempo real); dicho esto la investigación también tiene un enfoque correlacional y descriptivo, ya que se intenta correlacionar la variación del clima de Quito producido por el cambio climático durante los próximos 20 años, con los efectos en diferentes materiales de construcción usados para edificaciones; es descriptivo ya que se busca identificar y describir el deterioro producido por el cambio climático en Quito durante un periodo de 20 años en las propiedades físicas y mecánicas de materiales de construcción como el hormigón armado, la madera, acero, morteros y plásticos, se elegirá una muestra representativa de cada uno de los materiales en función de su uso en la construcción de edificaciones en la ciudad de Quito, la investigación culminará al identificar el material más afectado tanto física como mecánicamente al culminar el periodo de tiempo simulado.

2. CAPÍTULO 2: EL CLIMA

Para poder entender las diferentes características del clima que rodea los diferentes lugares del planeta tierra es importante conocer algunos conceptos que describen de mejor manera los parámetros climáticos.

2.1. METEOROLOGÍA

Se podría describir a la Meteorología como la ciencia encargada de estudiar todos los fenómenos que se dan en la atmósfera, sin embargo para analizar de mejor manera este concepto es necesario entender que es la atmósfera y como se encuentra compuesta.

Como se sabe la tierra se encuentra rodeada de una capa gaseosa llamada atmósfera, aunque es complicado conocer exactamente su espesor debido a que sus gases componentes se vuelven más densos a medida que se gana altura, sin embargo se acepta que tiene aproximadamente un espesor de 800 Km; la atmósfera se encuentra dividida en capas medidas desde la superficie las cuales son la tropósfera medida desde la superficie terrestre hasta los 12km, la estratósfera medida desde la tropósfera hasta los 50km de la superficie terrestre, la mesosfera medida desde la estratósfera hasta los 80km de la superficie terrestre y finalmente la termosfera y la exósfera. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

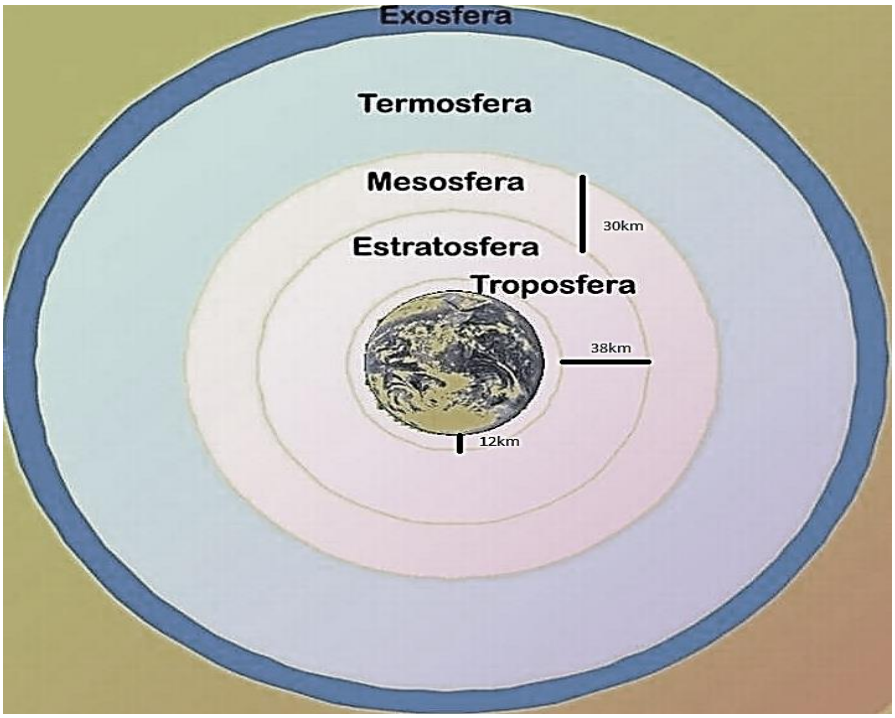


Figura 2.1. Capas de la atmósfera FUENTE (Respuestas.tips, 2014)

Como se ha dicho anteriormente la atmosfera se encuentra compuesta de capas gaseosas, y que a su vez se encuentran compuestas de gases como el Nitrógeno, Oxígeno, Argón, Dióxido de Carbono y Vapor de agua, entre otros. (RODRÍGUEZ JIMÉNEZ & PORTELA LOZANO, 2004)

A continuación se presenta un cuadro en el que se muestra los porcentajes en volumen de cada uno de los gases componentes de la atmósfera.

TABLA No 2.1

GASES COMPONENTES DE LA ATMÓSFERA

Gas Constante	Volumen (%)	Gas Variable	Volumen (%)
Nitrógeno	78.08	Dióxido de Carbono	0.034
Oxígeno	20.95	Monóxido de Carbono	0.01
Argón	0.93	Ozono	0.001
Neón	0.0018	Dióxido de Sulfuro	0.0001
Helio	0.00052	Dióxido de Nitrógeno	0.00002
Metano	0.00015	Vapor de agua	0-4
Kriptón	0.00011		
Hidrógeno	0.00005		
Xenón	0.000008		

FUENTE: (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

Muchos de estos gases resultan ser fundamentales para la existencia de vida como el Oxígeno O2 y el Dióxido de Carbono CO2, que permiten la realización de las funciones de las plantas como de los animales, mientras que gases como el vapor de agua permite la estabilidad de las temperaturas sobre la tierra, también existen los denominados gases de efecto invernadero, los cuales se puede destacar el metano o el ozono, cabe destacar que estos gases son los encargados de absorber gran parte de la radiación que emite la tierra producido por la energía solar. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

Se debe tener en cuenta que mientras más cerca se encuentre una capa a la superficie terrestre la densidad de los gases es mayor, como por ejemplo las tres capas superiores contienen el 6% de gases concentrados en la atmósfera, la estratósfera contiene el 19%, mientras que la tropósfera que es la capa más cercana contiene el 75% de los gases contenidos en la atmósfera. Es claro que la atmósfera se encarga de la protección de la superficie terrestre ante la radiación solar, y también colabora absorbiendo la energía solar concentrada en la superficie, sin duda la capa más preponderante si se quiere explicar el comportamiento climático vendría a ser la troposfera debido a su gran concentración de gases, y su cercanía con la superficie terrestre. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

2.1.1. Tiempo atmosférico

El tiempo atmosférico se puede definir como el estado en que se encuentra la atmosfera en determinado lugar y momento. (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012), como se mencionó anteriormente la troposfera tiene la mayor cantidad de gases concentrados de la atmosfera, estos gases se encuentran en constante movimiento, prueba de ello son la gran concentración de vapor de agua que las denominamos nubes, pero es importante identificar qué tiempo atmosférico hace referencia a variaciones de ciertas propiedades plenamente observables que suceden en la atmósfera en cortos periodos de tiempo, de estas propiedades podemos destacar las siguientes:

- Temperatura
- Humedad
- Visibilidad Horizontal(Niebla)
- Nubes y aspecto del cielo

- Clase y cantidad de precipitación
- Presión atmosférica
- Vientos

2.1.2. El clima

Se puede establecer al clima como el indicador o el patrón que define el tiempo atmosférico, este puede variar o permanecer constante, obviamente el clima depende de las propiedades del tiempo atmosférico en especial de la temperatura, humedad y presión atmosférica.

Se sabe que los parámetros ambientales pueden llegar a ser variables dependiendo del sitio de análisis de los mismos, estos pueden ser afectados debido a la distancia desde la línea ecuatorial, la distancia desde las costas marítimas, la cercanía o lejanía de las montañas y la altura sobre el nivel del mar. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

2.1.3. Variables Meteorológicas

Las variables meteorológicas que definen el clima se mencionan a continuación:

- Radiación Solar
- Temperatura
- Presión atmosférica
- El viento
- Humedad atmosférica
- Precipitación
- Masas de aire y frentes

De estas variables meteorológicas se describirán a profundidad la radiación solar, la temperatura y la humedad atmosférica, debido a que estas son las variables a tomar en cuenta en la etapa de experimentación.

Las variables meteorológicas analizadas en este capítulo fueron elegidas en base a las variables que puede simular la cámara de envejecimiento y su incidencia en los materiales de construcción, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

TABLA No 2.2.

ELECCIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS ANALIZADAS EN LA EXPERIMENTACIÓN

VARIABLES METEOROLÓGICAS		
VARIABLES	INFLUENCIA EN MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	SIMULACIÓN EN LA CÁMARA DE ENVEJECIMIENTO
Temperatura	Efecto directo, contrae dilata los elementos de construccion.	SI
Humedad	Muchos materiales absorben humedad y ello cambia sus propiedades.	SI
Viento	Dependiendo de su intensidad y tiempo de afectación, puede ser una carga de consideración en estructuras como puentes o edificaciones altas	NO
Pluviosidad	Afecta si existen daños en las cubiertas o fracturas en las construcciones y produce cargas adicionales a las estructuras.	NO
Presión atmosférica	Poca afectación en las construcciones.	NO
Radiación Solar	Puede fragilizar algunos materiales.	SI
Heliofanía	Aumenta la carga de envejecimiento de los materiales.	SI

Elaborado por PAZOS.C, 2018

2.1.3.1. Radiación solar

La radiación solar se puede definir como aquella energía que es transferida por el sol a la tierra en forma de ondas electromagnéticas, que se clasifican según su cantidad de energía de mayor a menor de la siguiente manera: rayos ultravioleta, rayos de luz visible, rayos infrarrojos y finalmente las ondas de radio. (RODRÍGUEZ JIMÉNEZ & PORTELA LOZANO, 2004)

TABLA No 2.3.

ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS EMITIDAS POR EL SOL

Longitud de onda(mm)	Radiación
0.00005	Cósmica
1 a 15	γ
15 a 280	x
280 a 380	Ultravioleta(Corta, media o larga)
380 a 440	Violeta
440 a 490	Azul
490 a 565	Verde
565 a 595	Amarillo
596 a 620	Anaranjado
620 a 700/760	Rojo
760 a 26000	Infrarrojo(Corta, Media y Larga)
> 26000	Ondas de radio y ondas eléctricas

FUENTE: (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012)

Donde los rayos x, rayos gamma y rayos ultravioleta transportan el 9% del total de la energía solar, la radiación visible transporta el 41% de la energía solar mientras que el restante 50% transportan los rayos infrarrojos

El proceso de radiación solar se diferencia de otras formas de energía por el hecho de que siempre necesitaran un medio de transmisión ya sea este sólido, líquido y gaseoso. La radiación proveniente de la tierra es la principal fuente de energía para la generación de fenómenos en la atmósfera y para la existencia de vida en la tierra. (REYES COCA, 2002)

Todos los cuerpos tienen la capacidad de emitir radiación en función de su temperatura, se dice que la energía que emite un cuerpo es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura tal como lo enuncia la ley de Stefan- Boltzman donde $E = \sigma * T^4$ Ec 2.1, donde σ es la constante de Stefan- Boltzman, por lo tanto todos los cuerpos son capaces de irradiar energía. (RODRÍGUEZ JIMÉNEZ & PORTELA LOZANO, 2004). Basándonos en la ley anteriormente descrita podemos decir que la capacidad de observar la energía radiante emitida por un cuerpo depende de la temperatura por ejemplo el sol que tiene una temperatura de aproximadamente 6000K emite ondas visibles conocidas como luz, mientras nuestro cuerpo con una temperatura habitual de 37ºC emite rayos infrarrojos que son casi imperceptibles para el ser humano. (RODRÍGUEZ JIMÉNEZ & PORTELA LOZANO, 2004)

2.1.3.1.1. Influencia de la atmósfera sobre la radiación

2.1.3.1.1.1. Absorción

Es necesario denotar que la energía radiante emitida por el sol sufre perdidas hasta llegar a la superficie terrestre, esto se debe a que la atmósfera absorbe gran parte de esa energía, aproximadamente a los 88 km de la superficie terrestre los rayos x y parte de los rayos UV son absorbidos por la atmósfera debido a la presencia de oxígeno e hidrógeno en la ionósfera. En la estratósfera se absorbe la mayor parte de los rayos UV por la presencia de ozono, las radiaciones de longitud de onda larga son absorbidas en la tropósfera por la presencia de anhídrido carbónico. (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012)

2.1.3.1.1.2. Dispersión

Mientras los rayos emitidos por el sol penetran en capas más densas de la atmósfera, estas se desvían del haz directo por la presencia de aire y otras partículas, produciéndose la radiación difusa que se son los rayos solares que llegan a la superficie terrestre. (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012)

2.1.3.1.1.3. Reflexión

Este fenómeno ocurre cuando las ondas electromagnéticas chocan con partículas con mayores dimensiones que la longitud de onda, esto ocurre usualmente cuando las ondas chocan contra las gotas de las nubes y también cuando los rayos solares llegan a la superficie terrestre, se reflejan directo al espacio, dependiendo del tipo de superficie con las que las ondas chocan, este fenómeno se lo denomina albedo, por ejemplo en bosque se reflectan del 3% al 10% de los rayos solares, en general en albedo del sistema tierra-atmósfera es de aproximadamente 30% ; por lo tanto mientras mayor cantidad de rayos solares sean reflectados menor cantidad de radiación absorberá la superficie. (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012)

A continuación se presenta un esquema en el cual se describen estos fenómenos de radiación solar, también se incluyen fenómenos adicionales de pérdidas de energía como la influencia de un cielo cubierto de nubes, llegando a producir pérdidas desde 55% y 100%.

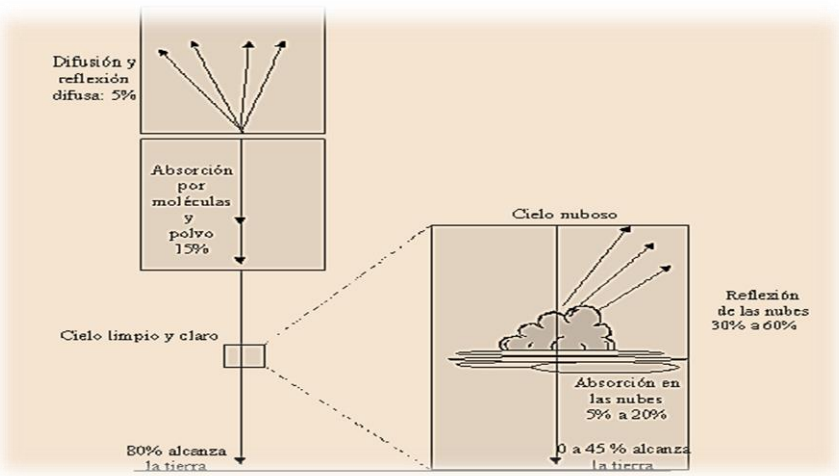


Figura 2.2. Influencia de la atmósfera en la radiación. FUENTE: (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012)

2.1.3.1.2. Parámetros radioactivos

Podemos identificar dos parámetros básicos de radiación los cuales son:

- Duración de la insolación
- Total de radiación incidente

2.1.3.1.2.1. Duración de la insolación

Se denomina así al número de horas que el sol permanece sobre el horizonte, en otras palabras es la duración del día o insolación máxima teórica posible, la duración de la insolación depende de la latitud de un lugar y de la declinación solar. (QUEREDA SALA, 2005)

2.1.3.1.2.2. Radiación incidente en superficie

Denota la cantidad de energía solar recibida en la superficie, y esta a su vez depende de dos magnitudes las cuales son:

- El espesor atmosférico atravesado.
- La inclinación del plano superficial receptor.

El espesor atmosférico atravesado depende del ángulo de incidencia solar el cual determina el espesor de la capa atmosférica atravesada por los rayos solares y las pérdidas producidas por la atmósfera, mientras que la inclinación del plano superficial receptor se refiere al ángulo de inclinación de la superficie en la que los rayos solares chocan directamente. (QUEREDA SALA, 2005)

2.1.3.1.3. Influencia de la continentalidad

Para describir la radiación solar en los distintos puntos del planeta, dividiremos a esta en mar y tierra.

2.1.3.1.3.1. Influencia de radiación solar en el mar

El mar tiene una gran capacidad calorífica, esta puede llegar una gran capacidad de calor debido a:

- Su calor específico, puede absorber grandes cantidades de calor elevando poco su temperatura.
- Su buena conductividad calorífica, el calor se distribuye por movimientos conductivos y de turbulencia.
- Su gran capacidad de evaporarse, se consume gran cantidad de energía externa al evaporarse. (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012)

2.1.3.1.3.2. Influencia de radiación solar la tierra

La tierra tiene la característica de producir grandes variaciones de temperatura con pequeñas cantidades de calor, debido a su pequeño calor específico, su conductividad calorífica se produce por conducción, esta es pequeña ya que no existen movimientos turbulentos, finalmente se podría decir que el suelo se calienta más durante el día, perdiéndose con rapidez durante la noche, por lo tanto las oscilaciones térmicas tanto diarias como estacionales son mayores que en el agua. (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012)

2.1.3.1.4. Instrumentos de estimación de la radiación

La cantidad de radiación solar recibida en un sitio o lugar determinado se lo denomina piranómetro, este aparato consiste en un sensor que se encierra en un hemisferio transparente, que transmite toda la radiación de longitud de onda inferior a 3x10-6 m, el disco se encuentra compuesto de un sensor con segmentos blancos y negros que absorben la radiación incidente, el contraste entre los segmentos es calibrado en función del flujo de radiación. (RODRÍGUEZ JIMÉNEZ & PORTELA LOZANO, 2004)



Figura 2.3. Piranómetro de secundarios FUENTE: (Direct INDUSTRY, 2017)

Otro instrumento que nos ayuda a estimar la radiación solar es el heliógrafo, el cual estima la radiación solar mediante el número de horas de sol, se encuentra compuesto de una esfera de vidrio orientada hacia el sur, concentra la radiación recibida en un punto incandescente como una lupa, la cual quema una cinta de papel especial graduada con las horas del día. (RODRÍGUEZ JIMÉNEZ & PORTELA LOZANO, 2004)



Figura 2.4. Heliógrafo. FUENTE: (Guiaspracticas, 2015)

2.1.3.2. Temperatura

La temperatura es una de las variables más importantes para poder describir el estado del tiempo, es claro que la temperatura puede variar dependiendo del sitio en el cual se la analice, también puede sufrir variaciones según la estación, si es invierno o verano, o si es de día o de noche; para poder entender cómo se produce el fenómeno de la temperatura es necesario remitirse a conceptos básicos de la materia, se sabe que la materia se encuentra compuesta de átomos y moléculas, y que estos se encuentran en constante movimiento en modo de vibración, por lo tanto se entiende que la temperatura se forma en base a la energía cinética producida por el movimiento de las partículas subatómicas de la materia sea este solido o un fluido, mientras más movimiento generen las partículas mayor temperatura generaran en la materia, es decir mientras mayor sea el movimiento de

las partículas mayor será la temperatura del cuerpo o fluido. (RODRÍGUEZ JIMÉNEZ & PORTELA LOZANO, 2004)

2.1.3.2.1. Calor

Es inevitable que cuando se quiera hablar de la temperatura se la relacione directamente con el calor, este último término se lo puede definir como una forma de energía capaz de transformarse en trabajo mecánico, mientras que la temperatura puede ser considerada como el indicador del nivel de calor de un cuerpo.

El calor se puede transferir mediante las siguientes formas

- Conducción: Transmisión de calor de moléculas a moléculas adyacentes mediante agitación.
- Convección: Se distribuye en fluidos mediante corrientes.
- Radiación: Transmisión de calor mediante ondas electromagnéticas.

A continuación se presenta un cuadro demostrativo de las formas de transmisión de calor en el aire, agua y suelo.

TABLA No 2.4.

FORMAS DE TRANSMISIÓN DE CALOR

MATERIA	FORMA DE TRANSMISIÓN DE CALOR	JUSTIFICACIÓN
Suelo	Conducción	Según si la circulación del flujo es vertical u horizontal
Agua	Conducción y convección	Mayor contenido de humedad mayor conductividad
Aire	Conducción, convección y radiación	Por ser mal conductor la mayoría se hace por conducción

FUENTE: (REYES COCA, 2002)

2.1.3.2.2. Temperatura ambiente

La atmosfera a menudo es descrita como una gigantesca maquina térmica que se alimenta por la energía proveniente del sol y el campo gravitatorio de la tierra, debido a la curvatura de la tierra, al crecer la latitud, la energía contenida dentro de un determinado haz de radiación solar, se reparte sobre una superficie mayor, por lo tanto la concentración de energía es mayor en el Ecuador y tiene un valor mínimo en los polos. (DONN, 1978)

Por lo tanto la energía no se distribuye uniformemente, depende del ángulo con el que la luz del sol alcanza la tierra, por esto se puede decir que la energía que llega de la luz del sol varía con la latitud, por ende lejos del Ecuador la superficie curva de la tierra permite que las franjas de luz se dispersen sobre una gran área y deba pasar a través de un mayor espesor de la atmosfera, por ende cerca de los polos el 5 % de la energía calórica alcanza la superficie mientras que en el Ecuador el 75 % del calor solar alcanza la superficie. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

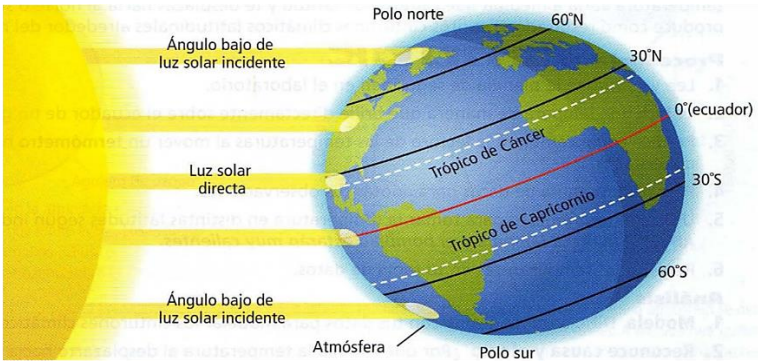


Figura 2.5. Incidencia de rayos solares en las distintas zonas de la tierra FUENTE: (Biología en línea, 2011)

Debido a que las plantas y el suelo absorben gran parte de la energía que irradia el sol, es obvia la afirmación de que la temperatura del aire cerca de la superficie terrestre depende de la energía solar, sin exceptuar la influencia de mares, lagos y ciudades; tomemos en cuenta los materiales de construcción con los que se encuentran realizados nuestras ciudades, esto son capaces de absorber calor en el día y liberar cierta parte de esa calor en la noche, prueba de ello es el hecho que las ciudades son un poco más calurosas en la noche respecto a sus alrededores. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

Lo interesante de lo anterior mencionado es que en materiales como el concreto un cambio brusco de temperatura puede producir fracturas o fisuras en su estructura debido a esfuerzos de tracción bruscos producidos en su estructura, estos fenómenos son comunes en muchas ciudades del mundo, por ejemplo en Quito suele ser notorio los cambios bruscos de temperatura en cortos periodos de tiempo. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

2.1.3.2.3. Naturaleza cíclica de los cambios de temperatura

2.1.3.2.3.1. Variación diaria de la temperatura

Para denotar la variación diaria de la temperatura nos podemos basar en la siguiente gráfica:

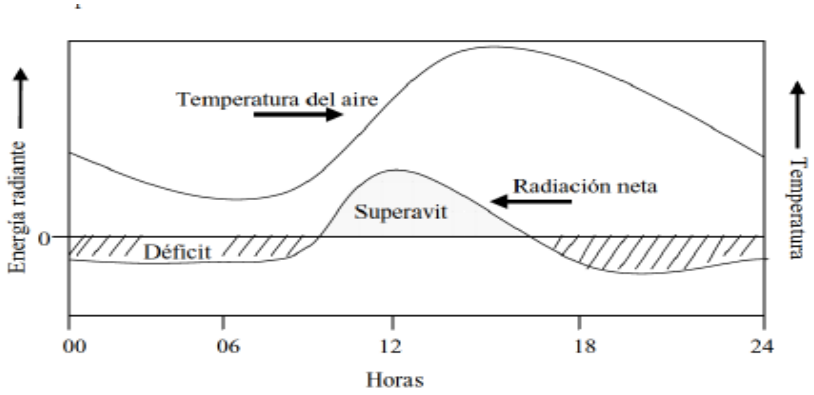


Figura 2.6. Curvas Típicas de la radiación y de la temperatura del aire FUENTE (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012)

Se puede notar que la curva de la temperatura media del aire no es simétrica, también se puede notar que el punto mínimo es correspondiente a la salida del sol y que a partir del mediodía empieza a ascender llegando a su pico entre las 14h y las 16 h. La hora de temperatura mínima varia con el solsticio y el equinoccio, pero la máxima permanece prácticamente constante.

Podemos destacar también que la radiación neta total es tendiente a ser simétrica al mediodía, siendo horizontal en las horas de oscuridad, empezando a existir un excedente de una hora después de la salida del sol y déficit casi una hora antes de la puesta. (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012)

2.1.3.2.3.2. Variación anual de la temperatura

Para el análisis de la variación anual de la temperatura nos referiremos a los solsticios y equinoccios en las diferentes latitudes como por ejemplo en latitudes intertropicales se registran dos máximos de temperatura en los equinoccios y dos máximos en los solsticios, la curva de variación anual puede ser modificada por la precipitación y nubosidad.

En latitudes medias y altas aparece un máximo de temperatura próximo al solsticio de verano y un mínimo próximo al solsticio de invierno, los máximos de temperatura se registran casi un mes después del solsticio de verano, mientras que los mínimos de temperaturas se registran un mes más tarde del solsticio de invierno. (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012)

A continuación se presenta la curva de variación anual que describe lo anteriormente mencionado.

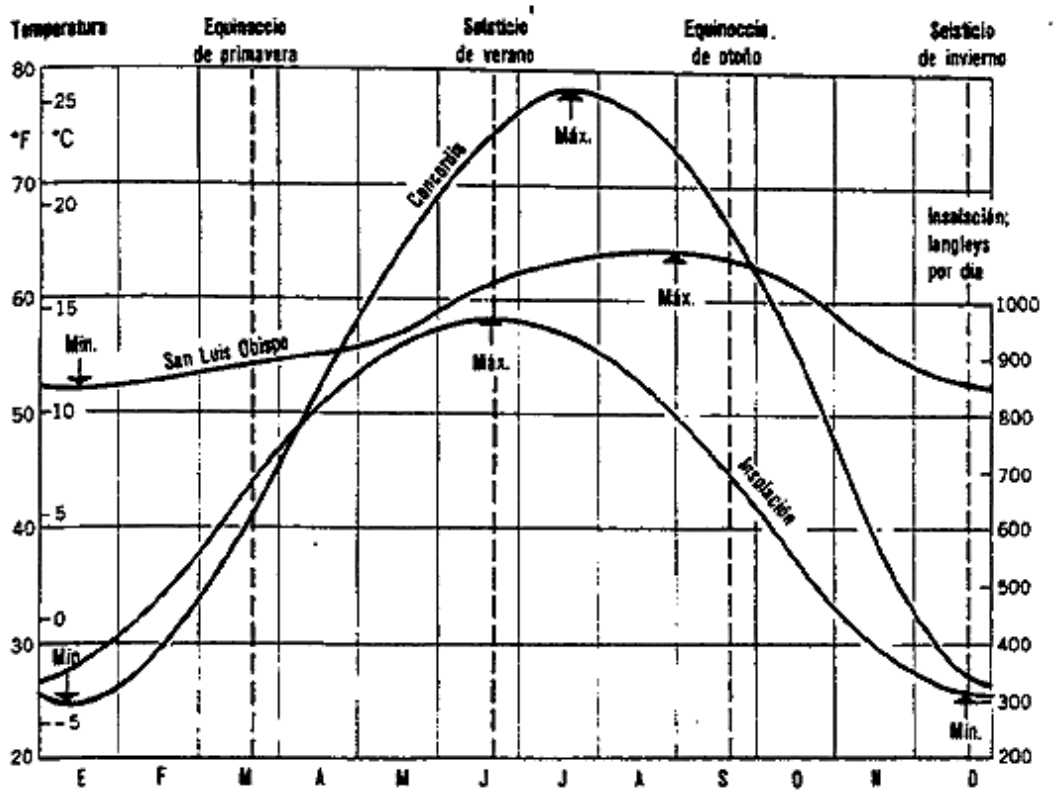


Figura 2.7. Variación anual de la temperatura FUENTE:(A.N STRAHLER, Geografía física, Omega, Barcelona, 1939)

2.1.3.2.3.3. Uniformidad térmica global

Cuando nos referimos a la uniformidad térmica global se intenta describir que las variaciones de temperatura se encuentran sometidas a un efecto de amortiguamiento en la superficie, lo cual no permite que la tierra se caliente o se enfrié demasiad, esto se logra mediante movimientos

que transfieren calor, como las masas de aire en la atmosfera y las masas de agua en los océanos. (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012)

2.1.3.2.4. Variación de la temperatura con la altura

Es considerado que la variación de la temperatura al aumentar la latitud es de aproximadamente 6.5 ºC por cada kilómetro, obviamente esto puede variar dependiendo de la humedad ambiental y el tiempo en análisis. (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012)

2.1.3.2.5. Inversión térmica

El fenómeno de inversión térmica se debe al hecho de un incremento de temperatura según se gana altitud, las cuales pueden ser superficiales o en altura, este fenómeno ocurre frecuentemente en las latitudes medias y altas, si el aire es frio, la inversión de temperatura puede extenderse cientos de metros; para que se dé el fenómeno de inversión térmica se deben dar las siguientes condiciones.

- Cielos despejados o con nubes altas.
- Aire relativamente seco, que absorbe poca radiación de la tierra.
- Una cubierta de nieve que por ser mal conductor de calor retrasa el flujo ascendente del calor desde la tierra.
- Noches de invierno en las cuales la radiación que emite la tierra excede a la que ha absorbido. (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012)

2.1.3.2.6. Distribución geográfica de la temperatura

A continuación se presenta un cuadro que denota la repartición horizontal de la temperatura sobre el globo terráqueo.

TABLA No 2.5.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA TEMPERATURA

ZONA	DESCRIPCIÓN
Ecuatorial	• Abarca la franja de 0º a 10º de latitud. • Insolación en todo el año. • No variaciones térmicas ni diarias ni estacionales.
Tropical	• Se sitúa entre los 10º y 23º. • Insolación anual intensa. • Incidencia perpendicular de rayos solares. • Amplitudes térmicas moderadas.
Latitudes Medias	• Situadas entre los 35º y 55º al Norte y al Sur. • Incidencia de los rayos solares con mayor oblicuidad, con temperaturas más bajas que las tropicales. • Se identifican las estaciones de invierno y verano, los días en

	invierno duran más que las noches, las noches más largas que los días • Importantes variaciones periódicas y ampliaciones térmicas anuales y diarias.
Árticas y antárticas	• Ubicadas entre los 60º y 75º • Variaciones máximas entre el día y la noche.
Zonas Polares	• Situadas entre los 75º y 90º al Norte y al Sur. • Mayor oblicuidad de los rayos solares que las anteriores zonas • Temperaturas bajas. • Gran déficit de radiación solar • Seis meses con poca luz y seis meses de oscuridad. • Descenso latitudinal de la temperatura.
• Los océanos se enfrían y calientan más lentamente que los continentes.	
• El mar suaviza las temperaturas frías y cálidas, disminuyendo contrastes térmicos • La amplitud térmica aumenta con la continentalidad.	

FUENTE: (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012)

2.1.3.3. Humedad

El agua es tal vez el componente más notable tanto de la tierra como de la atmósfera, el agua existe en tres estados de agregación de la materia como son el estado gaseoso como vapor de agua, agua líquida y como sólido en forma de hielo; esto se debe fundamentalmente en que las temperaturas a las que el agua pasa de un estado a otro caen dentro del normal intervalo de temperaturas registradas en la tierra. (DONN, 1978)

A la humedad se la puede denominar como la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, la cantidad de vapor de agua dependerá de factores como la cantidad de lluvia, presencia de plantas y la cercanía al mar, por lo tanto este parámetro no es constante; existen diferentes maneras con las cuales nos podemos referir a la humedad las cuales son:

- Humedad Absoluta: Se refiere a la masa de vapor de agua contenida en 1m3 de aire seco, por ejemplo 4g/m3
- Humedad Específica: Es la masa de vapor de agua en gramos contenida en 1kg de aire como por ejemplo 17g/kg
- Razón de Mezcla: Es la masa de vapor de agua medida en gramos que existen en 1kg de aire seco como por ejemplo 8g/kg

Sin embargo la medida comúnmente usada para expresar la humedad se la denomina humedad relativa, la cual es la relación en porcentaje del vapor de la masa de aire y la cantidad máxima de vapor de agua que puede contener una masa de aire antes de transformarse en líquido y se la denominada presión de vapor saturante. (RODRÍGUEZ JIMÉNEZ & PORTELA LOZANO, 2004)

$$H = \frac{e}{H}\% \qquad \text{Ec. 2.2}$$

Donde e se denomina al vapor de la masa de aire.

E se denomina a la presión de vapor saturante.

Se debe notar que la presión de vapor saturante es proporcional a la temperatura ambiental tal como lo muestra la figura.

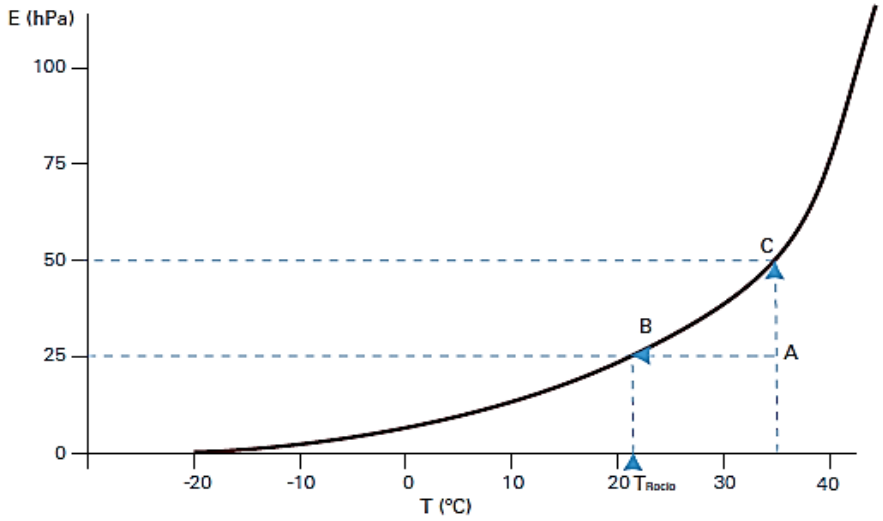


Figura 2.8. Variación de la temperatura en función de la presión de vapor saturante
FUENTE: (RODRÍGUEZ JIMÉNEZ & PORTELA LOZANO, 2004)

De aquí se puede deducir que mientras más caliente se encuentre una masa de aire mayor cantidad de vapor de agua se necesitara para llegar a la saturación y empezar a producirse la condensación del vapor sobrante.

2.1.3.3.1. Roció, Escarcha y Niebla

El roció y la escarcha son dos procesos de condensación del exceso de vapor de agua debido a la irradiación nocturna y del consecuente enfriamiento de la capa de aire, que se encuentra en contacto con la superficie, si se sobrepasa el punto de saturación el exceso de vapor se deposita en forma de gotas de agua sobre los objetos fríos, llegando al fenómeno del roció, se puede decir que este fenómeno sucede cuando la temperatura del aire no puede retener toda el agua llegando a un punto de roció. (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012)

La cantidad de roció formado dependerá de la humedad del aire, ya que mientras mayor sea la humedad del aire mayor cantidad de roció se formará, también dependerá del enfriamiento del aire, se ha estimado que las cantidades máximas de roció depositado oscilan en el orden del 0.1mm hasta los 0.3mm diarios. (RODRÍGUEZ ANDRADES & MÚÑEZ LEÓN, 2012)



Figura 2.9. Gotas de rocío en hojas. FUENTE: (KAMIL, 2017)

Cuando la temperatura del aire cae por debajo del punto de congelación del agua el cual es 0ºC, se cristaliza el vapor de agua y se produce la escarcha, el vapor de agua que se deposita sobre las superficies frías es en forma de cristales de hielo.



Figura 2.10. Escarcha en hojas. FUENTE: (VIÑAS, 2004)

La niebla en cambio es una nube situada a nivel del suelo, se da como consecuencia de un incremento de la condensación por enfriamiento del aire.



Figura 2.11. Niebla. FUENTE: (Florencia, 2008)

2.1.3.3.2. Medición de la humedad

El instrumento mediante el cual es medida la humedad se lo denomina psicómetro, se encuentra compuesto de dos termómetros los cuales uno sirve para medir la temperatura del aire, los autores lo suelen denominar termómetro seco, en cambio el otro termómetro se lo considera termómetro húmedo y se encuentra compuesto de un deposito recubierto de telas humedecidas por medio de una mecha que la pone en contacto con el agua, el agua satura las telas que luego se evapora y toma el calor del aire que lo rodea cuya temperatura comienza a bajar; se determina la humedad relativa mediante dos tablas de doble entrada que relacionan la temperatura medida con el termómetro seco y húmedo. (RODRÍGUEZ JIMÉNEZ & PORTELA LOZANO, 2004)

Un instrumento más sencillo de usar y más mecanizado ya que consta de un motor es el aspiropsicrómetro, este usa su pequeño motor para que sus termómetro se encuentren sincronizados; mientras que el instrumento que mide la evaporación es el evaporímetro, el cual consta de un tubo graduado de vidrio que se llena de agua y se deja evaporar según las condiciones de temperatura y humedad del ambiente. (RODRÍGUEZ JIMÉNEZ & PORTELA LOZANO, 2004)

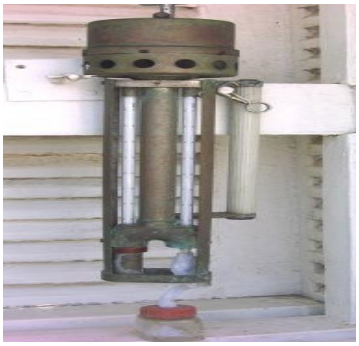


Figura 2.12. Aspiropsicrómetro. FUENTE (PERÚ(PUCP), 2012):

2.2. CLASIFICACIÓN DEL CLIMA

Como se ha descrito anteriormente el clima depende de muchos factores que a su vez son cambiantes dependiendo del lugar de análisis y de sus características, por ende es difícil lograr una clasificación climática que satisfagan todos los parámetros. Sin embargo para la clasificación climática nos enfocaremos en la clasificación de Koppen que es la más divulgada y aceptada por la comunidad meteorológica.

2.2.1. Clasificación de Koppen

Como se menciono es uno de los esquemas climáticos más utilizados, fue establecido por el austriaco Koppen en 1918, pero publicada con algunas modificaciones en el año de 1936, el esquema se basa en las temperaturas medias mensuales y anuales, así como en la precipitación total anual, teniendo también en cuenta su variación estacional. Los tipos climáticos de Koppen que son en toral 11 se designan por símbolos formados por dos o tres letras. (DONN, 1978)

Koppen clasifica el clima de la siguiente manera:

- Clima tropical lluvioso
- Climas secos
- Climas templados y lluviosos
- Clima de montaña
- Climas polares

2.2.1.1. Clima tropical lluvioso

Se caracteriza por tener altas temperaturas con lluvias fuertes, la lluvia se distribuye uniformemente a través del año cerca del ecuador, mientras que al norte y al sur la lluvia se concentra en estaciones húmedas; este clima es característico en el Caribe, a lo largo de Centro América y al norte de Sur América. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)



Figura 2.13. Clima tropical lluvioso FUENTE: (Atlas, 2007)

2.2.1.2. Climas secos

Se caracterizan por la poca presencia de lluvia, generalmente presentes en regiones desérticas y semi-desérticas, como es comúnmente conocido estas regiones experimentan altas temperaturas diurnas, aunque también pueden tener temperaturas bajas, desiertos como El Sahara y el Árabe que son desiertos ubicados en latitudes intermedias son resultado de un patrón global de circulación de aire seco, el desierto más seco del mundo es el de Atacama en Chile. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)



Figura 2.14. Norte del desierto de Atacama FUENTE: (Secretaría de turismo de Chile, 2018)

2.2.1.3. Climas templados y lluviosos

Se caracterizan por tener temperaturas confortables con lluvias moderadas a través del año, caracterizado por tener más periodos secos que lluviosos. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)



Figura 2.15. Climas templados lluviosos FUENTE: (Clima-de, 2018)

2.2.1.4. Clima de montaña

Este clima se caracteriza por ser cambiante en distintas zonas de la misma región, por ejemplo a pie de monte puede haber climas tropicales mientras que en los picos de monte podemos presenciar bajas temperaturas, podemos encontrar este tipo de clima en países andinos como Colombia, Ecuador y Perú. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)



Figura 2.16. Clima de montaña FUENTE: (RODRIGUEZ, 2014)

2.2.1.5. Climas polares

Las regiones con este tipo de clima experimentan temperaturas menores a los 10ºC, se caracterizan por heladas perpetuas y congelamiento nocturno, el Polo norte y sur son ejemplos claros de este tipo de clima. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)



Figura 2.17. Clima Polar. FUENTE: (SÁNCHEZ, 2017)

A continuación se denota las temperaturas correspondientes a cada uno de los climas mencionados según Kopper.

TABLA No 2.6.

CLASIFICACIÓN DEL CLIMA SEGÚN KOPPER

CLIMA	TEMPERATURA
CLIMA TROPICAL LLUVIOSO	El mes más frio tiene una temperatura media superior a 18ºC.
CLIMAS SECOS	La evaporación supera a la transpiración, que es más efectiva en invierno
CLIMAS TEMPLADOS Y LLUVIOSOS	Temperatura del mes más frío comprendido entre 18ºC y -3ºC.
CLIMAS DE MONTAÑA	La media del mes más frio se encuentra por debajo de los -3ºC y el más cálido por encima de los 10ºC.
CLIMAS POLARES	El mes más cálido se encuentra por debajo de los 3º C.

FUENTE: (DONN, 1978)

Sin embargo este esquema climático se subdivide en 11 tipos climático que se clasifican de la siguiente manera:

TABLA No 2.7.

TIPOS DE CLIMAS SEGÚN KOPPER

Clima	Símbolo	Tipos de Clima
1	Af	Selva Tropical
2	Aw	Sabana Tropical
3	BW	Desierto(árido)
4	BS	Estepa(Semiárido)
5	Cf	Clima templado húmedo sin estación seca
6	Cw	Clima templado de invierno seco
7	Cs	Clima templado con verano seco
8	Df	Clima continental sin estación seca
9	Dw	Clima continental con invierno seco
10	ET	Tundra
11	EF	Capa glacial

FUENTE: (DONN, 1978)

Para poder entender de mejor manera las características de los distintos tipos de climas, se dará el significado de las letras correspondientes a cada símbolo.

TABLA No 2.8.

SIMBOLOGÍA SEGÚN EL TIPO DE CLIMA

SIMBOLOGÍA DE LOS TIPOS DE CLIMAS	
MAYÚSCULAS	
A	• Clima tropical lluvioso
B	• Climas secos
C	• Climas templados y lluviosos
D	• Clima de montaña
E	• Climas polares
S	• Clima seco tipo semiárido
W	• Clima desértico
T	• Clima seco de llanura o tundra
MINÚSCULAS	
f	• No existen periodos secos
s	• Existe un periodo seco
w	• El periodo seco ocurre en invierno

FUENTE: (DONN, 1978)

2.3. EL CAMBIO CLIMÁTICO

El planeta tierra tiene diferentes tipos de climas en cada una de sus regiones, manteniendo en gran parte de su historia un equilibrio que ha permitido la supervivencia de la vida en el planeta, sin embargo el planeta ha sufrido desequilibrios de su clima producido por causales naturales, como la masiva expulsión de gas metano producido por volcanes primitivos o las eras de hielo, pero actualmente el planeta se encuentra sufriendo un cambio climático producido en su mayor parte por las diferentes actividades humanas.

2.3.1. La sociedad y su influencia en el cambio climático

Actualmente el 90% de la población mundial acepta que el planeta se encuentra sometido a un cambio climático cada vez más acelerado, y que este cambio climático ha sido ocasionado en su gran parte por las actividades humanas; esto se debe principalmente a la explotación indiscriminada de los recursos en su mayoría no renovables, se sabe que estos recursos tras su combustión produce gran cantidad de gases contaminantes que han permitido un calentamiento acelerado del planeta tierra. (GONZÁLEZ ARMADA, 2010)

Han existido algunos intentos de los países para solucionar el problema del cambio climático, reflejado en diferentes cumbres en los cuales los países se han comprometido a lo largo de los años a establecer límites de contaminación con el fin de controlar el cambio climático, sin embargo muchos de estos compromisos no son cumplidos sobre todo por países considerados desarrollados como China y Estados Unidos que son los países más contaminantes del planeta; cada año las cifras de contaminación aumenta, los cambios progresivos de los factores ambientales han llevado a cierta parte de la sociedad a tomar conciencia y promulgar actividades como el reciclaje, la utilización de recursos renovables para la generación de energía, entre otros, que agrandan la esperanza de un futuro control del cambio climático.



Figura 2.18. Protestas contra el cambio climático FUENTE: (BBC, 2015)

2.3.2. Causantes del cambio climático

Sin duda los causantes fundamentales del cambio climático en nuestro planeta son los gases contaminantes emitidos por el hombre y los que la naturaleza produce en sus diferentes procesos; hay que notar que los diferentes gases se instalan en la atmósfera y desequilibrando la proporción de gases en la atmósfera y así tener cambios bruscos de factores climáticos como la humedad y la temperatura. A continuación se presenta un cuadro demostrativo de los contaminantes de la atmósfera.

TABLA No 2.9.

GASES CONTAMINANTES RESPONSABLES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Contaminantes	Producidos por el hombre (%)	Naturales (%)
Aerosoles	11.3	88.7
SO2	42.9	57.1
CO2	9.4	90.6
NO	11.3	88.7
HC	15.5	84.5

FUENTE: (GONZÁLEZ ARMADA, 2010)

Si observamos con detenimiento el siguiente cuadro podríamos deducir que el cambio climático es en su mayoría por fenómenos naturales, sin embargo tengamos en cuenta que muchos de los gases contaminantes que se emiten de forma natural son eliminados por la propia naturaleza para conservar su propio equilibrio natural y además muchos de los fenómenos que generan estos gases no suelen ser constante, como por ejemplo la erupción de un volcán, además de lo antes mencionado podemos deducir que en un país desarrollado se puede superar sin problemas la cantidad de SO2, respecto al generado de forma natural, por lo tanto la combustión de recursos que produzcan gases contaminantes de manera constante acelera preocupantemente el cambio climático. (GONZÁLEZ ARMADA, 2010)

Podemos clasificar a los emisores de contaminantes como:

- Emisores Fijos: Industriales y domésticos
- Emisores Móviles: Aeronaves, buques y vehículos
- Emisores Mixtos: Polígonos industriales y zonas urbanas

Hay que aclarar que gran cantidad de los gases contaminantes que llegan a la atmósfera son producidos por diferentes tipos de industrias, que para la producción necesitan de la combustión de elementos que producen gases contaminantes, se nombran entre muchas industrias.

- Refinerías de petróleo: Destaca la producción de gases como SO2, CO, NO, fluoruros y óxido de hierro.
- Industrias químicas: Estas industrias pueden producir SO2, ácidos nítricos y fosfóricos
- Industrias básicas del aluminio y derivados del flúor: Producen emisiones de contaminantes derivados del flúor. (GONZÁLEZ ARMADA, 2010)



Figura 2.19. Manufacturas Contaminantes FUENTE: (CASTILLO, 2015)

2.3.3. Efectos del cambio climático

Los efectos directos del cambio climático sobre la tierra pueden llegar a afectar tanto al ecosistema marino como terrestre entre los cuales se incluyen:

- Aumento de la temperatura de lagos y ríos, lo que afecta a la calidad del agua.
- Los océanos sufren acidificación por la absorción de carbono generado por el hombre.

- Desplazamiento de especies a regiones polares.
- Alteración del volumen de algas y vida marina en latitudes altas.
- Migración recurrente de peces de los ríos.
- Incremento de enfermedades por las altas temperaturas.
- Incremento de la malnutrición debido a las diferentes sequías.
- Aumento de muertes por olas de calor.
- Inundaciones de zonas de montaña debido al deshielo de nevados
- Aumento del nivel del mar, y consecuentemente la perdida de manglares y humedales costeros.
- Extensión de sequias
- Desaparición de zonas costeras debido al aumento del mar. (Canizales, 2016)

2.3.4. Efectos del cambio climático en obras civiles

El cambio climático es un hecho y afecta a seres vivos como inertes en los que se incluyen las obras civiles los efectos del cambio climático sobre las diferentes construcciones que el hombre realiza para realizar sus diferentes actividades pueden suceder de manera inmediata o al transcurrir del tiempo, tal como se describirá a continuación.

2.3.4.1. Efectos inmediatos

Generalmente los efectos inmediatos que afectan sobre las estructuras surgen de fenómenos extremos del cambio climático que actualmente se están viendo como por ejemplo inundaciones, tormentas, deshielos, entre otros; a continuación se presentan algunos de los efectos inmediatos del cambio climático en diferentes obras civiles:

- En zonas costeras el aumento de los niveles del mar, puede llegar a ser perjudicial para estructuras cerca del mar, el agua del mar por su gran contenido de sal puede afectar a estructuras de hormigón armado por la generación de cristales de sal dentro de la estructura, en el peor de los casos si el nivel del mar es lo bastante alto y la estructura no fue diseñado para esa situación puede haber efectos perjudiciales hasta llegar al colapso de la estructura.
- En zonas de montaña donde pueden llegar a ocurrir deshielos importantes aumentado el nivel de crecida de los ríos, puede producir daños en estructuras como puentes, carreteras cercanas y edificaciones cercanas.
- Las fuertes precipitaciones propias del cambio climático, si llegasen a superar las precipitaciones históricas, pueden llegar a afectar seriamente las redes de alcantarillado pluvial de las ciudades, las redes viales y edificaciones que no hayan sido diseñadas con cargas de lluvia importantes.
- Eventos extremos como tormentas que generalmente ocurren en países subtropicales pueden acabar con el colapso de un sinnúmero de obras civiles.

2.3.4.2. Efectos del cambio climático en el tiempo

Con el tiempo los efectos del cambio climático en las estructuras serán más evidentes, como se sabe el cambio climático viene acompañado por cambios drásticos de temperatura y humedad, en el futuro podremos ver cambios severos de estos dos parámetro en zonas del planeta tierra donde nunca habían sucedido.

A continuación se presentan ejemplo de efectos al transcurrir el tiempo, si se continua con el cambio climático.

- Aumentos drásticos de temperatura pueden producir efectos de tensión en estructuras de hormigón armado, presenciando en periodos más cortos de lo normal fisuras y grietas sobre el material, permitiendo la afectación de agentes externos en el interior de la estructura.
- Si el hormigón de la estructura se encuentra expuesto y con fisuras los cambios drásticos de humedad pueden producir corrosión en el acero de refuerzo con mayor rapidez de la esperada.
- En obras civiles construidas con acero estructural, uno de los principales problemas a los cuales se encuentran sometidas es la corrosión que puede ser más evidente y en corto plazo con cambios drásticos de humedad, si estas estructuras no se encuentran debidamente protegidas el fenómeno de corrosión será sumamente perjudicial.
- Ciertas estructuras son realizadas parcial o totalmente de madera, como por ejemplo muchas de las poblaciones pobres de américa latina construyen sus hogares de madera, como se sabe este es un material orgánico y se encuentra propenso a la pudrición y aumento de hongos debido a las altas humedades, todos estos fenómenos serán evidentes y en corto tiempo si el cambio climático prosigue.

2.4. CLIMAS AGRESIVOS PARA LAS EDIFICACIONES

Como se mencionó anteriormente existen diferentes tipos de climas, y cada clima tiene un impacto directo sobre las edificaciones, Diego Sánchez de Guzmán clasifica la agresividad del clima en edificaciones de la siguiente manera:

TABLA No 2.10.

AGRESIVIDAD DEL CLIMA PARA LAS EDIFICACIONES

Ambiente	Descripción
Ligero o débil	• Ambientes secos • Ambientes de oficinas y viviendas • Ambientes exteriores con humedad relativa menor al 60% • Ambientes donde no exista fenómenos de humedecimiento y secado
Moderado	• Ambientes húmedos con humedad relativa entre 60% y 98% • Estructuras expuestas a ciclos de humedecimiento y secado • Estructuras expuestas al agua dulce en movimiento • Ambientes con moderadas precipitaciones • Baja condensación de gases agresivos

Severo	• Ambientes con humedad relativa entre 60% y 98% • Gran condensación de gases agresivos • Estructuras en contacto con suelos húmedos. • Ambientes marinos • Macroclima industrial
Muy severo	• Climas tropicales • Ambiente donde las estructuras se encuentran saturadas de sal. • Ambientes con exposición a aguas ácidas u oxigenadas • Ambientes salinos • Ambientes contaminados y con particular presencia de gases agresivos.

FUENTE: (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

2.5. EL CLIMA DE QUITO

2.5.1. Generalidad del clima en Ecuador

Ecuador es un país que consta de varios ecosistemas que lo hace un país biodiverso, por lo tantos su diversidad en climas es próspero, por su posición geográfica el Ecuador pertenece a la Zona Tropical- Ecuatorial, por lo tanto prevalecen las características climáticas de la Zona Ecuatorial; como se sabe el país consta de tres regiones diferentes Costa, Sierra y Oriente, así como las Islas Galápagos (BLANDIN LANDÍVAR, 1976); cada región tiene sus propias características climáticas que se enunciarán a continuación.

2.5.1.1. Región Costa

- La región Costa consta de un clima tropical lluvioso.
- Climas tropicales secos y de sabana.
- Tropical semihúmedo.
- Se debe mencionar que el clima cerca del mar es un clima moderado, ya que no existen grandes cambios térmicos por el amortiguamiento de la temperatura en el mar.
- Los climas de la costa son del tipo isotérmico, con una oscilación anual de la temperatura menor que 5ºC.
- La amplitud térmica entre el día y la noche es de 22º C. (BLANDIN LANDÍVAR, 1976)

2.5.1.2. Región Sierra o Interandina

- En la región interandina encontramos una gran variedad de climas debido a la irregularidad topográfica.
- Cerca de la Cordillera Occidental podemos encontrar climas cercanos a los tropicales con lluvias más propensas en el invierno, mientras que los veranos son poco lluviosos.
- En La Cordillera Occidental en zonas más cercanas a la región Costa las lluvias suelen ser fuertes y continuas.

- Pero en gran parte la región interandina consta de climas templados y de montaña.
- Presentan climas templados húmedos y semihúmedos
- Los climas templados húmedos tienen una temperatura casi uniforme durante todo el año, existen temperaturas máximas entre 20ºC y 29º, su humedad relativa varía entre 65% y 85%.
- Los climas templados semihúmedos tienen temperaturas irregulares, siendo más fuertes en los meses de marzo y septiembre, mientras que los niveles más bajos de temperatura son los meses de junio y julio, los meses más lluviosos son en invierno de Enero a Junio; existen temperaturas medias entre 12`ºC y 15ºC, y humedades relativas entre 75% y 85%; este clima se extiende casi toda la región interandina excluyendo valles secos y zonas de montaña.
- La región interandina consta también de climas templados secos, donde la temperatura varía desde los 15ºC hasta los 22ºC pudiendo llegar incluso a los 30ºC, los inviernos son poco lluviosos y los veranos secos y largos desde Mayo hasta Diciembre.
- Presentan climas de altura con temperaturas de entre 9ºC y 11ºC, pudiendo llegar a temperaturas hasta 0ºC, Papallacta, Rio Pita y Cotopaxi son zonas con este tipo de climas. (BLANDIN LANDÍVAR, 1976)

2.5.1.3. Región Amazónica

- La Región Amazónica consta principalmente de un clima tropical húmedo.
- Existen temperaturas mayores a los 25ºC.
- La lluvia es fuerte y continua tanto en invierno como en verano.
- La humedad relativa máxima es de 89%.
- Valores de máximos de lluvias alcanzan los 150mm. (BLANDIN LANDÍVAR, 1976)

2.5.1.4. Región Insular

- La región consta de un clima típicamente marino sin cambios bruscos de temperatura y humedad.
- Es común las temporadas largas de sequía.
- Existen temperaturas medias anuales de 22ºC.
- Humedades relativas promedio de 90%. (BLANDIN LANDÍVAR, 1976)

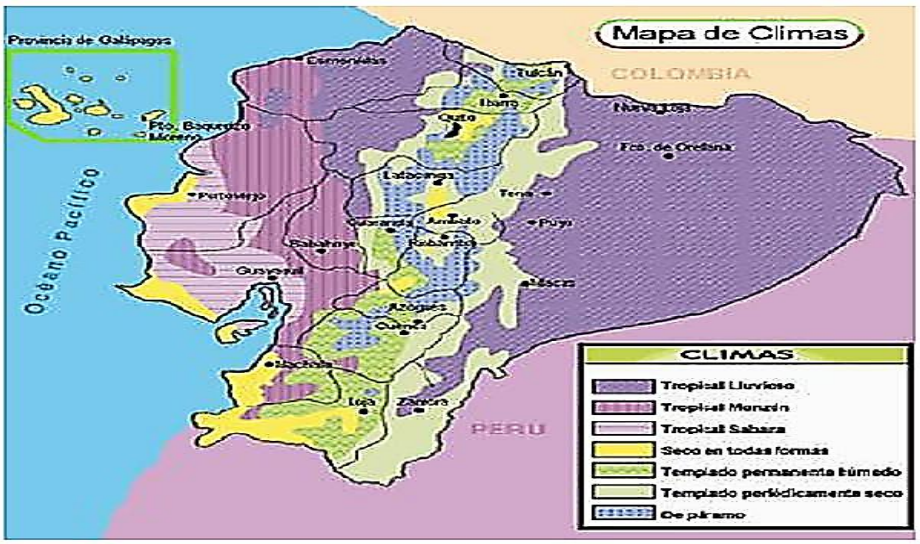


Figura 2.20. Mapa climático del Ecuador FUENTE: (GILBER, 2012)

2.5.2. El Clima en el Distrito Metropolitano de Quito

Quito es la capital política del Ecuador, denominada la ciudad de la mitad del mundo debido a que atraviesa por ella el paralelo 0º; la ciudad se encuentra a una elevación de 4780 msnm, donde se destacan lugares como Chincholahua con 4780msnm, Pichincha con 4695 msnm, Atacazo con 4400msnm y Mojanda con 4198msnm, Quito es caracterizada por su gran riqueza biológica y paisajística, cubierta de montañas, bosques nublados, quebradas y páramos; por ende la diversidad climatológica de Quito se debe en su gran mayoría a sus accidentes geográficos. (DMQ, 2016)

Quito tiene una superficie total de 423074 ha, con el desnivel denominado la hoya de Guayllabamba que oscila desde los 500 hasta los 4780 msnm, gracias a ello se caracteriza por contener una gran cantidad de valles y montañas que a su vez permiten la formación de climas tropicales húmedos por la bioregión del Chocó, semiseco en los valles interandinos e hiperhúmedo cerca de la cordillera occidental. (DMQ, 2016)

Por su diversidad de climas Quito consta de bosques húmedos al occidente con extensiones de 12000 ha, también podemos presenciar arbustos y bosques secos en la cuenca del río Guayllabamba con una extensión de 47000 ha, y finalmente podemos observar páramos en la cordillera occidental con una extensión de 45000 ha. (DMQ, 2016)

2.5.2.1. Diversidad del clima Quiteño

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra en una zona ecuatorial templada donde aproximadamente la humedad relativa promedio fluctúa en 75% con temperaturas medias de 14.78º C; debido a los vientos alisios existen precipitaciones casi todo el año, sin embargo existen zonas donde las precipitaciones no abarcan más de 400 mm/año, mientras que en otras zonas las precipitaciones son mayores que 4500 mm/año. (DMQ, 2016)

A continuación se mencionará los diferentes tipos de climas que posee la ciudad de Quito en base al nivel de precipitación y temperatura.

TABLA No 2.11.

CLIMAS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

CLIMA	PRECIPITACIÓN ANUAL (mm)	TEMPERATURA(ºC)	RANGO DE ALTURA (msnm)
Montano muy húmedo	Entre 2000 a 3000	Entre 8 a 19	Entre 1200 a 3700
Montano Húmedo	Entre 1000 a 2000	Entre 8 y 14	Entre 1800 a 1200
Montano Semi húmedo	Entre 1000 a 2000	Entre 8 y 13	Entre 1800 a 1200
Montano Semiseco	Entre 1000 a 2000	Entre 14 y 16	Entre 3600 a 2700
Montano Seco	Entre 500 a 1000	Entre 8 y 18	Entre 2700 a 2200
Montano muy seco	Menor a 500	Mayor o igual a 13	Entre 2800 a 1600
Páramo muy húmedo	Mayor a 2000	Menor o igual a 7	Entre 4400 a 3600
Páramo Semihúmedo	Entre 1000 a 2000	Menor o igual a 7	Entre 4800 a 3600
Páramo húmedo	Menor a 1000	Menor o igual a 7	Entre 4300 a 3600
Tropical	Entre 2000 a 3000	Mayor o igual a 20	Entre 1400 a 1000
Tropical muy húmedo	Mayor a 3000	Mayor o igual a 18	Entre 1000 a 500

FUENTE: (DMQ, 2016)

Si denotamos a los distintos climas con los siguientes colores, podemos notar las zonas donde existen cada uno de los climas mencionados.

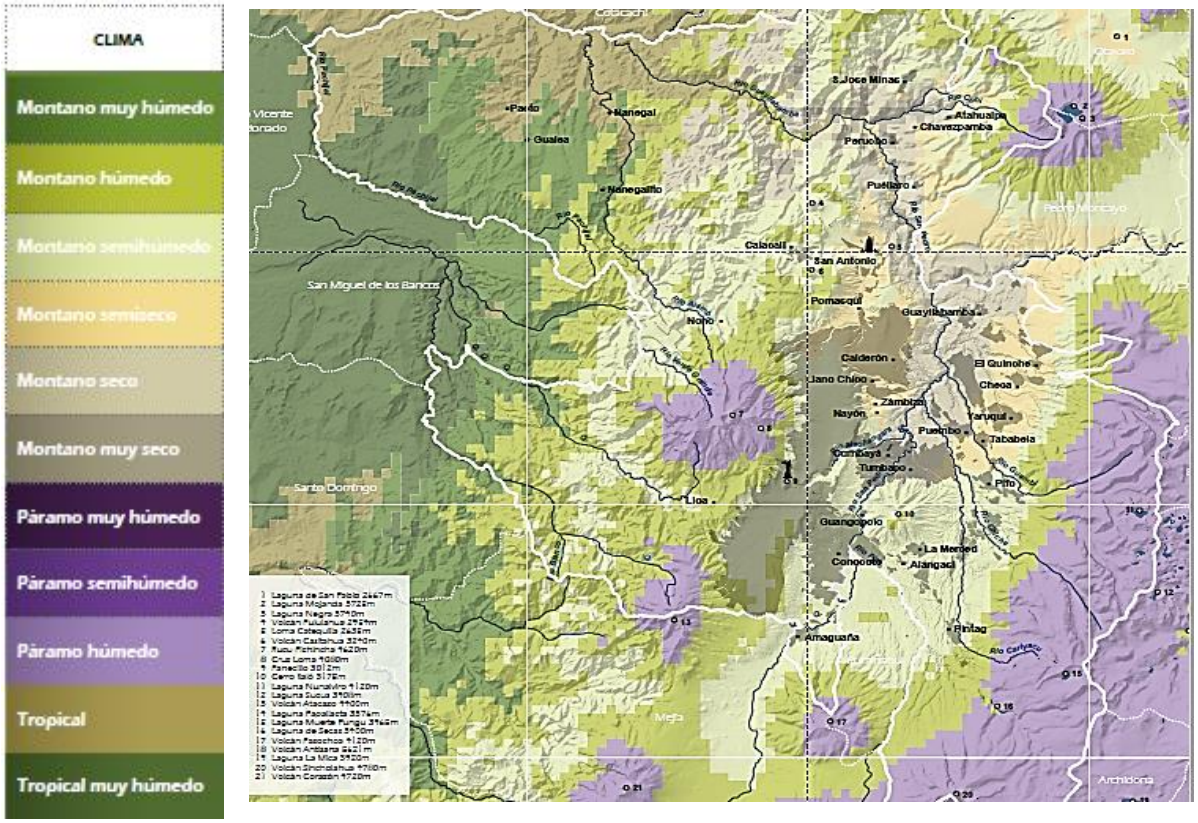


Figura 2.21. Mapa climático de Quito. FUENTE:(DMQ, 2016)

Podemos notar que la zona urbana del Distrito metropolitano de Quito, donde se concentran la mayor cantidad de construcciones pertenece a un clima montano seco y muy seco.

2.5.2.2. Estadísticas del clima Quiteño

Como se ha mencionado anteriormente el clima de Quito es variado, debido a su posición geográfica y características geomorfológicas, a continuación se presentarán datos de proporcionados por el Ministerio del Ambiente de factores climáticos como la precipitación, humedad relativa, temperatura radiación solar; acompañados por la tendencia desde los años 2004 hasta los años 2007.

2.5.2.2.1. Humedad relativa anual

TABLA NO 2.12.

	ESTACIONES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO													
	COTOCOLLAO													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Humedad Relativa media(%)	77,55	78,84	76,19	72,78	76,93	72,02	72,94	73,03	69,03	70,31	69,88	66,65	71,49	68,18
Humedad Relativa Máxima(%	100	100	100	98,75	98,79	98,99	99,06	98,71	99,54	99,33	98,75	98,98	98,49	96,81
	CARAPUNGO													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Humedad Relativa media(%)	68,54	69,84	76,19	74,91	75,59	71,40	72,88	74,80	71,51	72,45	71,68	68,77	74,00	69,83
Humedad Relativa Máxima(%	97,63	100,00	100,00	100,00	95,80	95,38	96,86	99,82	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	99,50
	BELISARIO													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Humedad Relativa media(%)	79,71	70,19	70,27	70,76	76,00	69,18	69,97	72,29	67,35	67,58	67,97	64,20	67,97	63,47
Humedad Relativa Máxima(%	100	100	99,73	100	99,92	100	100	100	100	99,81	99,08	99,82	99,9	97,56
	CAMAL													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Humedad Relativa media(%)	72,07	75,79	79,15	72,38	74,70	69,39	69,05	70,31	66,27	66,56	66,28	65,35	68,73	66,44
Humedad Relativa Máxima(%	100	100	100	100	97,4	98,14	98,34	98,48	98,51	96,94	97,37	99,6	100	96,11
	TUMBACO													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Humedad Relativa media(%)	77,41	81,00	83,00	77,45	76,36	71,62	72,47	72,07	66,78	68,07	67,38	63,94	67,81	70,32
Humedad Relativa Máxima(%	100	100	100	100	99,82	100	100	100	96,59	96,36	96,43	95,88	95,75	99,59
	D.M.Q													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Humedad Relativa media(%)	75,06	75,13	76,96	73,66	75,91	70,72	71,47	72,50	68,19	68,99	68,64	65,78	70,00	67,65
Humedad Relativa Máxima(%	100	100	100	100	99,92	100	100	100	100	99,99	100	100	100	99,59

FUENTE: Datos proporcionados por la Secretaria del Ambiente del D.M.Q desde el año 2004 hasta el año 2017

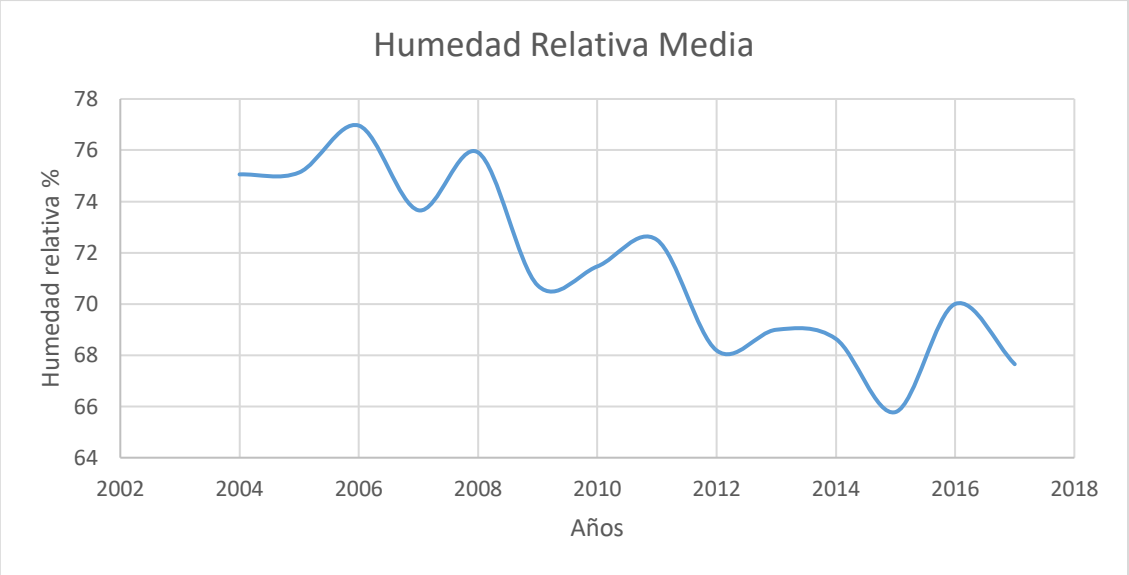


Figura 2.22. Humedad relativa media anual desde el año 2004 hasta el año 2017

ELABORADO POR: PAZOS C, Cristian

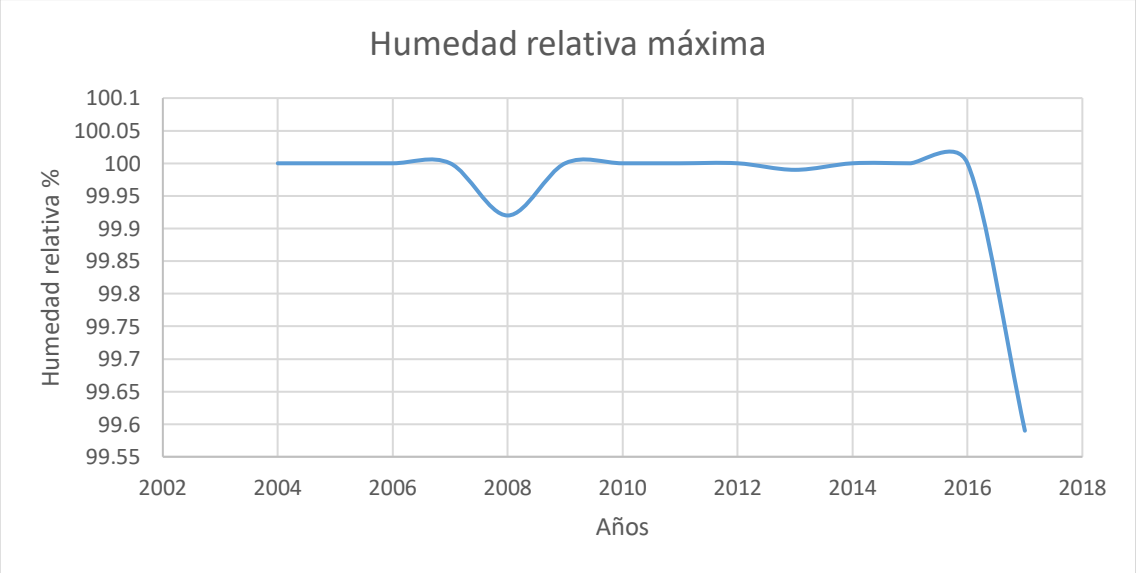


Figura 2.23. Humedad relativa máxima anual desde el año 2004 hasta el año 2017

ELABORADO POR: PAZOS C, Cristian

2.5.2.2.2. Temperatura anual

TABLA No 2.13

	ESTACIONES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO													
	COTOCOLLAO													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Temperatura Media ºC	13,52	13,62	13,70	13,56	13,06	13,94	13,96	13,50	13,87	14,05	14,15	14,61	14,48	14,15
Temperatura Máxima ºC	24,74	23,54	24,59	23,1	22,63	31	23,75	22,45	23	22,97	22,44	22,99	22,99	22,02
Temperatura Mínima ºC	5,16	6,19	6,73	5,21	6,64	6,7	6,97	7,41	0,65	7,13	7,79	8,3	7,43	7,49
	CARAPUNGO													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Temperatura Media ºC	14,53	15,30	15,37	14,60	13,90	14,65	14,51	14,09	14,45	14,65	14,79	15,25	15,12	15,00
Temperatura Máxima ºC	25,3	26,34	25,55	25,68	24,42	24,44	24,71	22,9	24,07	23,58	22,86	24,07	24,39	23,78
Temperatura Mínima ºC	5,74	5,84	7,03	5,84	6,22	7,61	7,69	8,32	8,48	8,08	8,59	8,89	8,73	8,91
	BELISARIO													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Temperatura Media ºC	12,45	13,65	13,86	13,83	12,70	13,99	14,11	13,56	14,03	14,35	14,32	14,88	14,63	14,21
Temperatura Máxima ºC	21,89	23,16	22,59	22,85	22,06	23,66	23,32	22,49	23,39	23,8	22,02	23,72	23,82	23
Temperatura Mínima ºC	4,92	5,16	5,84	5,99	5,98	6,91	7,33	6,77	7,23	6,99	7,73	8,16	7,37	6,38
	CAMAL													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Temperatura Media ºC	13,69	13,38	13,06	13,68	13,26	14,41	14,21	13,75	14,09	14,39	14,44	16,88	15,49	14,32
Temperatura Máxima ºC	23,33	23,22	22,92	23,3	22,06	23,84	22,76	22,38	23,21	22,97	22,16	27,56	27,15	22,75
Temperatura Mínima ºC	6,12	4,08	5,08	5,54	7,06	8,33	7,68	7,76	8,48	8,16	8,57	7,55	7,53	-1,87
	TUMBACO													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Temperatura Media ºC	15,03	14,22	12,64	15,57	15,18	15,81	16,53	16,13	16,47	16,81	16,87	17,45	17,01	16,62
Temperatura Máxima ºC	25,92	26,1	25,15	26,71	26,92	28,79	28,48	27,61	28,47	27,95	27,22	27,66	28,85	27,21
Temperatura Mínima ºC	4,72	0,87	1,31	4,42	5,93	5,16	6,38	6,06	5,38	6,8	7,53	6,76	6,27	8,01
	D.M.Q													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Temperatura Media ºC	13,84	14,04	13,72	14,25	13,62	14,56	14,66	14,21	14,58	14,85	14,91	15,82	15,35	14,86
Temperatura Máxima ºC	25,92	26,34	25,55	26,71	26,92	31	28,48	27,61	28,47	27,95	27,22	27,66	28,85	27,21
Temperatura Mínima ºC	4,72	0,87	1,31	4,42	5,93	5,16	6,38	6,06	0,65	6,8	7,53	6,76	6,27	-1,87

FUENTE: Datos proporcionados por la Secretaria del Ambiente del D.M.Q desde el año 2004 hasta el año 2017

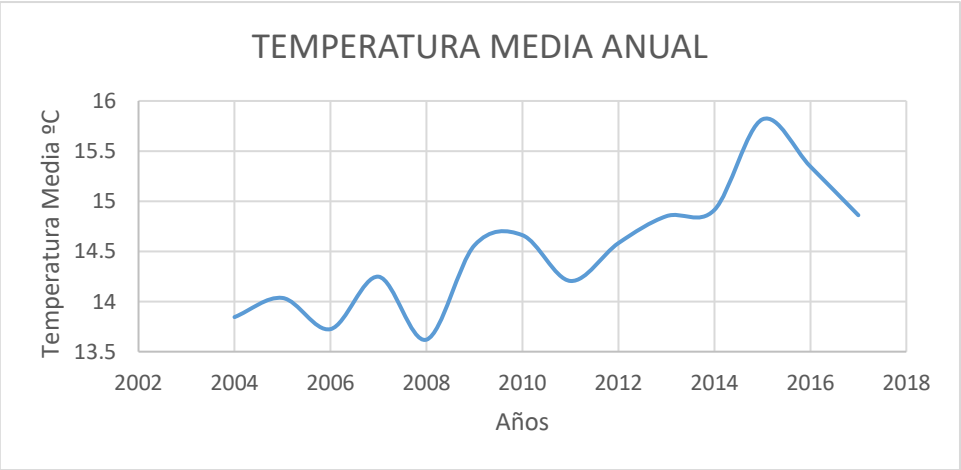


Figura 2.24. Temperatura media anual desde el año 2004 hasta el año 2017

ELABORADO POR: PAZOS C, Cristian

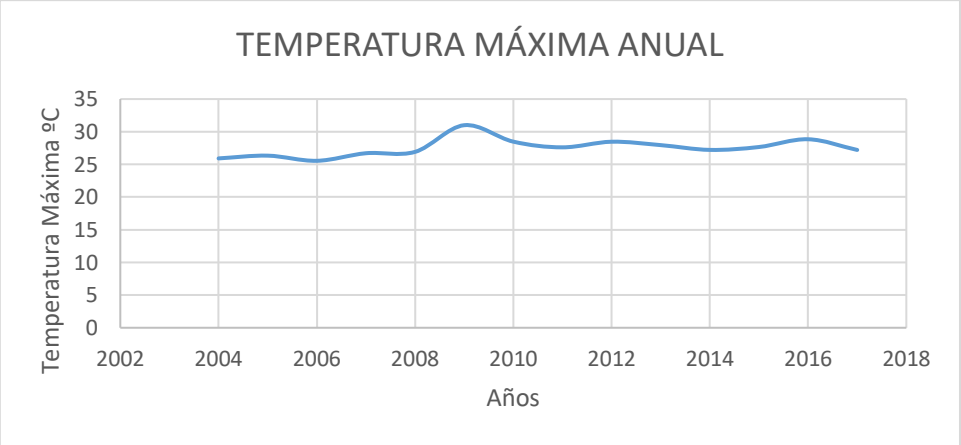


Figura 2.25. Temperatura máxima anual desde el año 2004 hasta el año 2017

ELABORADO POR: PAZOS C, Cristian

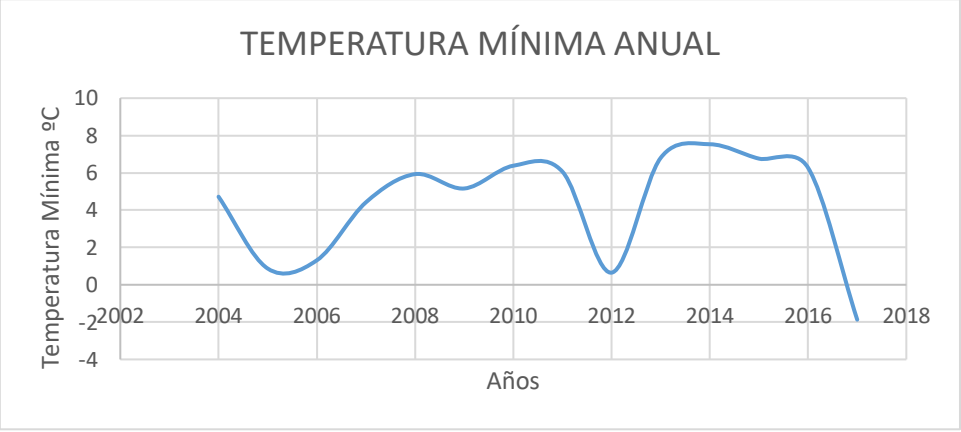


Figura 2.26. Temperatura mínima anual desde el año 2004 hasta el año 2017 ELABORADO POR: PAZOS C, Cristian

2.5.2.2.3. Radiación solar

TABLA No 2.14.

	ESTACIONES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO													
	COTOCOLLAO													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Temperatura Media ºC	196,17	197,89	184,32	191,10	194,74	208,34	206,71	229,28	225,06	222,47	226,59	226,96	231,24	226,05
Temperatura Máxima ºC	1109,73	1112,14	1151,51	1190,33	1219,47	1186,75	1193,64	1313,08	1324,52	1333,78	1309,16	1288,97	1262	1303,23
Temperatura Mínima ºC	8,42	8,39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CARAPUNGO													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Temperatura Media ºC	261,95	262,16	209,22	214,14	200,76	213,90	207,50	209,20	226,93	224,16	227,68	227,22	231,38	223,84
Temperatura Máxima ºC	1357,97	1338	1421,76	1314,26	1184,83	1234,94	1289,26	1204	1262,62	1206,76	1198,1	1313,62	1215,92	1183,07
Temperatura Mínima ºC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	BELISARIO													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Temperatura Media ºC	208,48	162,19	188,93	178,86	174,77	200,64	193,30	194,61	197,98	200,88	199,02	207,00	164,31	204,83
Temperatura Máxima ºC	1334,31	1198,63	1213,35	1291,89	1139,16	1213,27	1169,33	1246,12	1250,68	1172,21	1165,64	1179,71	1177,14	1113,67
Temperatura Mínima ºC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMAL													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Temperatura Media ºC	170,41	113,86	107,13	167,67	176,87	196,79	200,61	204,09	204,13	213,30	203,86	231,05	219,67	209,65
Temperatura Máxima ºC	980,49	820,41	1090,57	1128,83	1086,48	1146,69	1237,35	1232,93	1194,52	1239,56	1214,29	1264,61	1238,54	1173,78
Temperatura Mínima ºC	0	0	0	-43,99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TUMBACO													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Temperatura Media ºC	154,19	141,82	129,08	177,58	198,06	211,77	223,33	229,82	226,90	227,04	229,11	238,16	226,11	220,68
Temperatura Máxima ºC	1033,5	948,63	1251,79	1217,95	1180,2	1216,71	1280,1	1274,7	1276,63	1250,09	1289,32	1256,09	1326,45	1204,59
Temperatura Mínima ºC	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4,52	0
	D.M.Q													
Factor Climático	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Temperatura Media ºC	198,24	175,58	163,73	185,87	189,04	206,29	206,29	213,40	216,20	217,57	217,25	226,08	214,54	217,01
Temperatura Máxima ºC	1357,97	1338	1421,76	1314,26	1219,47	1234,94	1289,26	1313,08	1324,52	1333,78	1309,16	1313,62	1326,45	1303,23
Temperatura Mínima ºC	0	0	0	-43,99	0	0	0	0	0	0	0	0	-4,52	0

FUENTE: Datos proporcionados por la Secretaria del Ambiente del D.M.Q desde el año 2004 hasta el año 2017

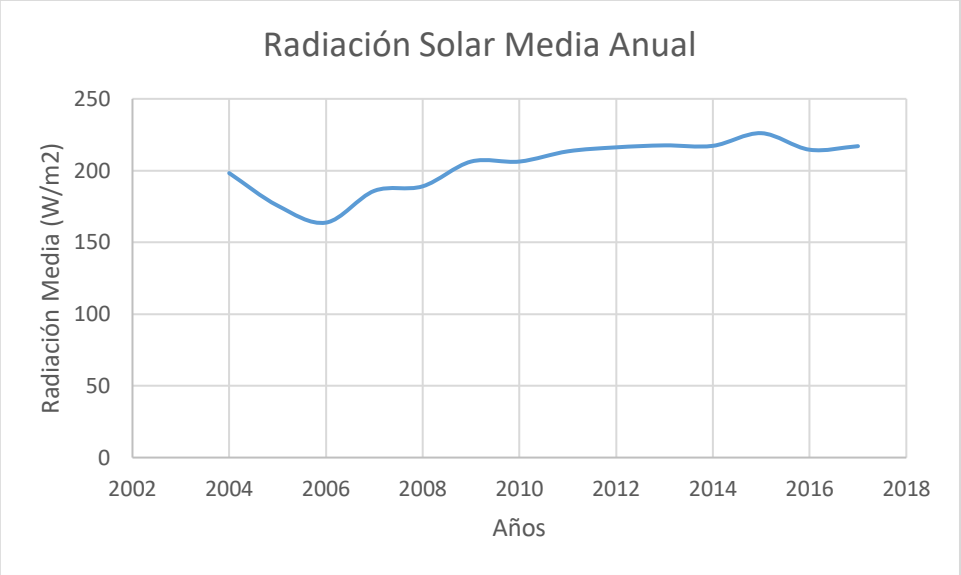


Figura 2.27. Radiación media anual desde el año 2004 hasta el año 2017 ELABORADO POR: PAZOS C, Cristian

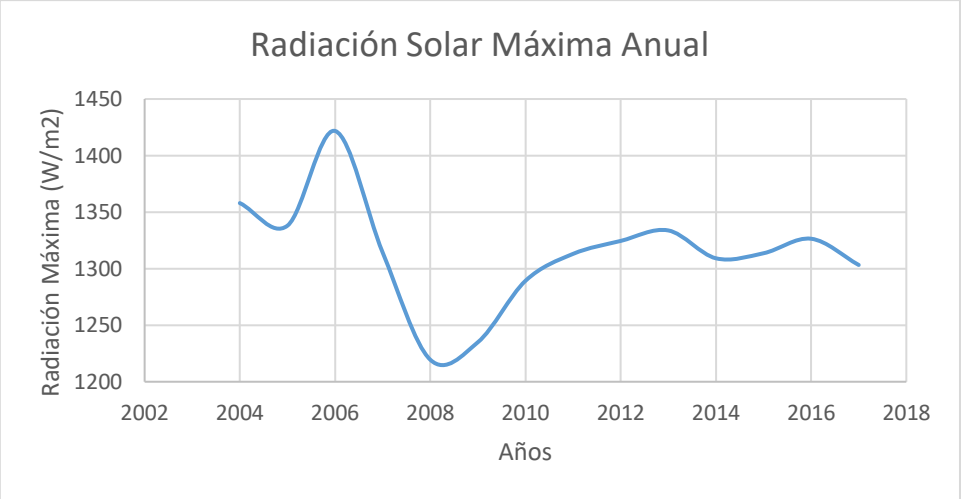


Figura 2.28. Radiación máxima anual desde el año 2004 hasta el año 2017 ELABORADO POR: PAZOS C, Cristian

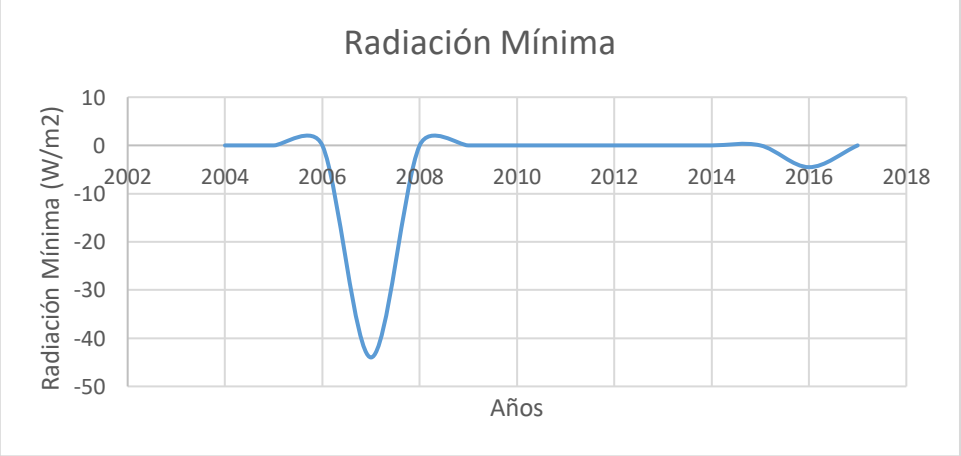


Figura 2.29. Radiación mínima anual desde el año 2004 hasta el año 2017 ELABORADO POR: PAZOS C, Cristian

2.5.2.3. El cambio climático en la ciudad de Quito

El clima en todas las partes del planeta ha comenzado a cambiar, y Quito no está expenso de este fenómeno, registros meteorológicos denotan variaciones en parámetros como la temperatura y las precipitaciones.

2.5.4.2.2. ***Cambios en la temperatura***

En años venideros las bajas precipitaciones vendrán acompañadas por temperaturas altas, se estima que para el año 2050 el incremento de la temperatura en el Distrito Metropolitano de Quito será de aproximadamente de 2.5ºC. A continuación se presentará un mapa estimativo de los incrementos de temperatura en las distintas zonas que conforma el D.M.Q, identificando los siguientes colores estimativos para cada variación de temperatura.

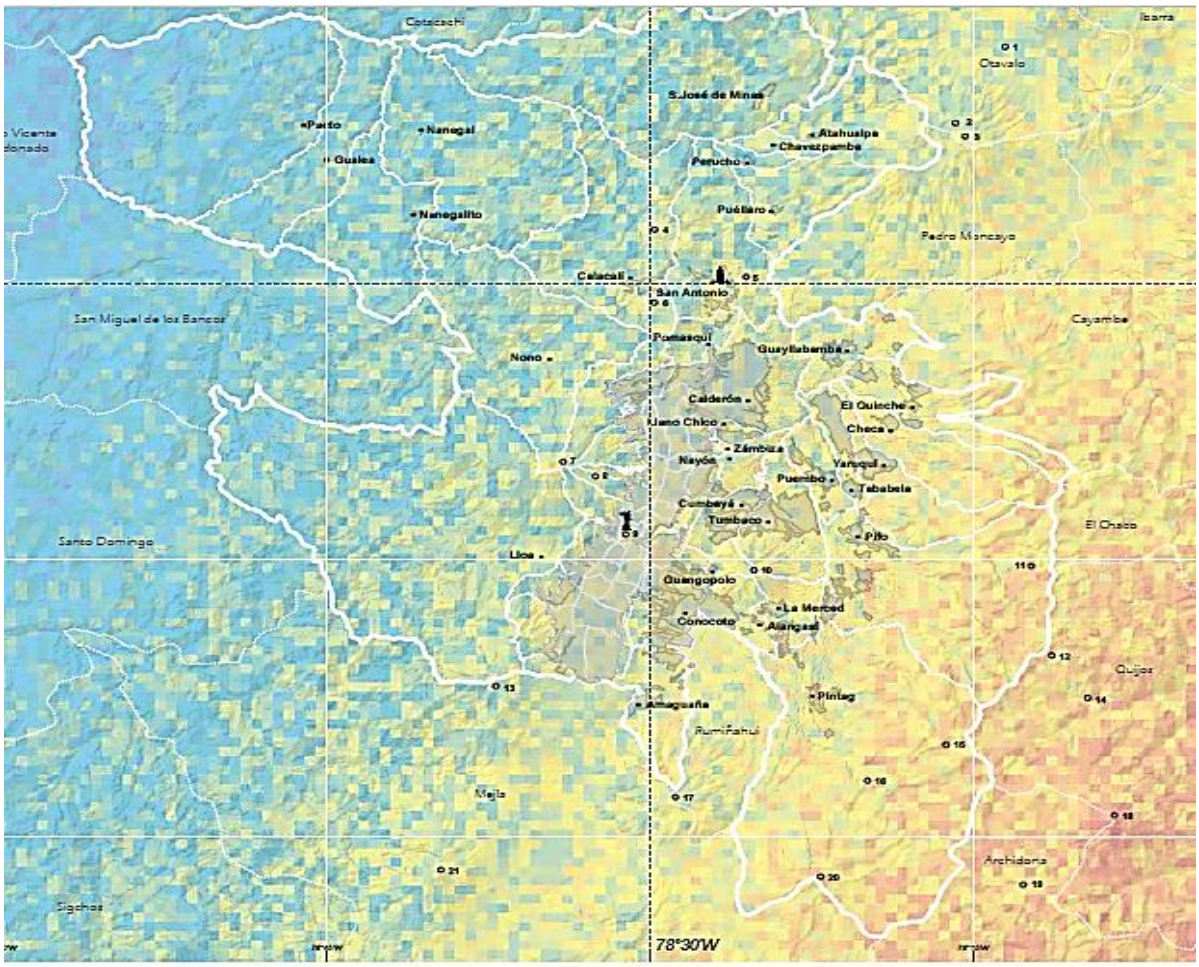


Figura 2.30. Mapa de incremento de la temperatura en el D.M.Q hasta el 2050

FUENTE: (DMQ, 2016)

Podremos notar que el mayor incremento de temperatura se dará en la zona central del D.M.Q, donde se concentra la gran mayoría de la urbe, y por lo tanto de la infraestructura de la ciudad.

Debido a estos efectos serán más frecuentes las inundaciones, los incendios forestales y los movimientos de masas; estudios denotan que las temperaturas mínimas y máximas se encuentran incrementándose aproximadamente 0.5ºC por década, así mismo se prevé la disminución de noches y días fríos, con más noches y días cálidos. (DMQ, 2016)

CAPÍTULO 3: MATERIALES USADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN QUITO

La construcción es un pilar importante en la economía del país, según el Banco Central del Ecuador en el segundo trimestre del 2017 la industria de la construcción representa el 8,42%, y gran parte de este factor económico representan los materiales usados en esta industria. Los materiales de construcción varían según su utilización, los materiales que se van a estudiar en este capítulo, y que serán de estudio en el presente trabajo han sido seleccionados en base a su uso en la construcción de edificaciones en la ciudad de Quito y su exposición al medio ambiente.

A continuación se presenta un cuadro que denota la elección de los materiales según la intensidad de uso en la construcción quiteña.

TABLA No 3.1.

MATRIZ DE ELECCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN UTILIZADOS PARA LA EXPERIMENTACIÓN

MATRIZ MATERIALES DE CONSTRUCCION						
				INTENSIDAD USO		
MATERIALES		EXTERIOR	INTERIOR	ALTO	MEDIO	BAJO
PIEDRA	Granito	X				X
	Marmol	X				X
	Pizarra	X				X
	Caliza	X				X
	Arenisca	X				X
CONGLOMERADO	Cemento	X			X	
	Cal Yeso		X		X	
	Yeso		X		X	
MORTERO		X	X	X		
HORMIGON	Armado	X	X	X		
	GRC	X	X		X	
	Bloque	X		X		
VIDRIO		X	X	X		
FIBRA DE VIDRIO		X	X		X	
ARCILLA	Barro	X				X
	Adobe	X				X
	Ladrillo	X		X		
	Teja	X				X
	Gres		X		X	
	Azulejo		X		X	
METALICOS	Aceros	X		X		
	Aluminio	X		X		
	Cobre		X		X	
	Plomo		X			X
	Hierro		X		X	
ORGANICO	Madera	X	X	X		
	Contrachapado		X		X	
	Aglomerado		X		X	
	Guadua	X	X			X
SINTETICOS	PVC		X	X		
	Poliestireno		X			X
	Polietileno		X			X
	Polipropileno		X			X
	Neopreno		X			X
	Resina Epoxida	X	X			X
	Acrilicos	X	X			X
	Silicona		X		X	
	Asfalticos	X	X		X	
	Policarbonato	X		X		

Elaborado por PIÑEIROS, J, 2017

3.1. HORMIGÓN

3.1.1. Descripción del material

El hormigón es el material de construcción más utilizado en el mundo desde su creación a inicios del siglo xx, el material se considera ambivalente ya que puede ser utilizado durante la obra en forma de líquido, con el tiempo gana resistencia convirtiéndose en una roca artificial.

El hormigón es una mezcla de cemento, agua, grava y arena, estos dos últimos elementos se los denomina áridos, los cuales determinan las propiedades del hormigón, como por ejemplo los áridos pueden ser determinantes en la conductividad térmica, capacidad de resistir climas agresivos, desgaste en el tiempo del hormigón, entre otras características; si hablamos de los otros dos elementos del hormigón como el cemento y el agua, determinamos la relación agua-cemento, que es aquella que determina la resistencia del hormigón a los 28 días de curado, la relación agua cemento a/c describe la proporción de agua y cemento en forma de porcentaje, una relación por debajo de 0,6 puede desarrollar toda su capacidad de carga y asumir también funciones de protección frente a la humedad, generalmente el cemento más utilizado es el cemento portland de fraguado lento, ya que es el que da la máxima resistencia. (HEGGER, DREXLER, & ZEUMER, 2010)

En resumen el cemento actúa como conglomerante y determina la resistencia del hormigón, el agua garantiza el fraguado, mientras que los áridos determinan la densidad, resistencia y conductividad y almacenamiento térmico.

3.1.1.1. Elaboración del Hormigón

La elaboración del hormigón se la suele realizar a mono o mecánicamente mediante el uso de hormigoneras, actualmente la realización a mano del hormigón se ha restringido a obras muy pequeñas, para obras medianas y grandes se suelen utilizar concreteras como se muestra en la figura. (CEAC, 1983)



Figura 3.1. Concretera FUENTE: (Vagant.com, 2018)

Generalmente para la mezcla de hormigón se vierte la mitad del agua, a continuación se agrega la totalidad del agregado grueso y fino, así como la totalidad del cemento para finalmente agregar el agua restante. Sin embargo para obras de grandes magnitudes donde el proceso de hormigonado requiere de grandes volúmenes de este material, es necesario del hormigón

premezclado bajo pedido el cual es transportado mediante camiones mezcladores denominados “mixers”, como se muestra en la figura.



Figura 3.2. Mixer de hormigón premezclado FUENTE: (Indumix.net, 2018)

3.1.1.2. Vibrado y encofrado del hormigón

Después de colocado el hormigón se procede a un proceso de reacomodo de la partículas del hormigón denominado vibrado, esto se lo realiza mediante un equipo denominado vibrador, el cual produce movimientos rapidísimos y constantes que obligan al hormigón a “ apretarse” bien a fuerza de trepidaciones. (CEAC, 1983)

El encofrado se lo realiza antes del hormigonado, el encofrado puede ser de madera lijada sin tratar o tratada, paneles de encofrado de madera de metal o plástico, sirve para dar forma al elemento de hormigón requerido, tal como se muestra en la figura.



Figura 3.3. Encofrado del hormigón FUENTE: (VALDERAS, 2013)

Al desencofrar se rocía la superficie de hormigón con agua para evitar la presencia de fisuras anticipadas y perdidas de resistencia, a este proceso se lo denomina curado del hormigón, un buen curado del hormigón determina que el hormigón alcance su resistencia máxima.

3.1.1.3. Hormigón armado

El hormigón simple en estado sólido es un material que resiste bien bajo solicitudes a compresión, pero tienen una resistencia baja a la tracción, de modo que en la mayoría de las estructuras se utiliza el hormigón armado que es el hormigón simple con la presencia de varillas de acero, se utiliza acero dado que es un elemento que trabaja bien a tracción y se lo dispone de tal manera que pueda absorber con eficiencia las diferentes cargas que actúan sobre la estructura. El hormigón y el acero trabajan bien juntos dado que ambos materiales poseen el mismo coeficiente de dilatación, las varillas corrugadas son las más utilizadas para la armadura

de acero, aunque con el avance de la tecnología de la construcción se ha comenzado a utilizar fibras de plástico y de carbono como armadura del hormigón, pero están lejos todavía de reemplazar al acero; la armadura de acero también viene acompañada de elementos como estribos, ganchos, zunchos, mallas entre otros que brindan características de adherencia entre el hormigón y las varillas de acero. (HEGGER, DREXLER, & ZEUMER, 2010)

La armadura de acero también es empleada en áreas sujetas a compresión como las columnas, en tal caso el acero reduce el área de sección transversal requerida del elemento sometido a compresión, dado que la resistencia a la compresión del hormigón es mayor que la del hormigón; existe otro tipo de hormigón armado denominado hormigón pretensado el cual consta de barras o cables de acero previamente traccionado, el cual adiciona esfuerzos de compresión aun cuando se cargue externamente. Finalmente en todas las aplicaciones del hormigón con armadura de acero, la unión de estos dos elementos permite al compuesto trabajar como una unidad, por ende se utiliza barrilla corrugada, con el fin de impedir el deslizamiento entre el acero y el hormigón. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

3.1.1.4. Especificaciones del hormigón para su utilización en la construcción quiteña

3.1.1.4.1. Cemento

- Requisitos físicos normalizados

TABLA No 3.2.
REQUISITOS FÍSICOS DEL CEMENTO PARA SU USO EN HORMIGÓN

Tipo de cemento [A]	Norma de ensayo aplicable	I	IA	II	IIA	II(MH)	II(MH)A	III	IIIA	IV	V
Contenido de aire del mortero[B], volumen %: Máximo. Mínimo.	INEN 195	12 --	22 16	12 --	22 16	12 --	22 16	12 --	22 16	12 --	12 --
Finura[C], superficie específica, m²/kg (métodos alternativos): Ensayo de turbidímetro mínimo máximo	INEN 197	150 --	150 --	150 --	150 --	150 245[D]	150 245[D]	-- --	-- --	150 245	150 --
Ensayo de permeabilidad al aire mínimo máximo	INEN 196	260 --	260 --	260 --	260 --	260 430[D]	260 430[D]	-- --	-- --	260 430	260 --
Expansión en autoclave, % máximo	INEN 200	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Resistencia, no menor que los valores mostrados para las edades que se indican a continuación[E]: Resistencia a la compresión, MPa: 1 día	INEN 488	--	--	--	--	--	--	12,0	10,0	--	--
3 días		12,0	10,0	10,0	8,0	10,0 7,0[F]	8,0 6,0[F]	24,0	19,0	--	8,0
7 días		19,0	16,0	17,0	14,0	17,0 12,0[F]	14,0 9,0[F]	--	--	7,0	15,0
28 días		--	--	--	--	--	--	--	--	17,0	21,0
Tiempo de fraguado; ensayo de Vicat[G] Tiempo de fraguado, minutos; no menor que Tiempo de fraguado, minutos; no mayor que	INEN 158	45 375	45 375	45 375	45 375	45 375	45 375	45 375	45 375	45 375	45 375

FUENTE: (INEN 152, 2012)

- Requisitos químicos normalizados

TABLA No 3.3.

REQUISITOS QUÍMICOS DEL CEMENTO PARA SU USO EN HORMIGÓN

Tipo de cemento [A]	Norma de ensayo aplicable	I y IA	II y IIA	II(MH) y II(MH)A	III y IIIA	IV	V
Óxido de aluminio (Al_2O_3), % máximo	INEN 160	--	6,0	6,0	--	--	--
Óxido férrico (Fe_2O_3), % máximo	INEN 160	--	6,0[B]	6,0[B,C]	--	6,5	--
Óxido de magnesio (MgO), % máximo	INEN 160	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Trióxido de azufre (SO_3)[D], % máximo Cuando $(C_3A)^E$ es 8% o menor Cuando $(C_3A)^E$ es mayor del 8%	INEN 160	 3,0 3,5	 3,0 [F] 	 3,0 [F] 	 3,5 4,5	 2,3 [F] 	 2,3 [F]
Pérdida por calcinación, % máximo	INEN 160	3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	3,0
Residuo insoluble, % máximo	INEN 160	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Silicato tricálcico $(C_3S)^E$, % máximo	Ver Anexo A	--	--	--	--	35[C]	--
Silicato dicálcico $(C_2S)^E$, % mínimo	Ver Anexo A	--	--	--	--	40[C]	--
Aluminato tricálcico $(C_3A)^E$, % máximo	Ver Anexo A	--	8	8	15	7[C]	5[B]
Suma de $C_3S + 4{,}75C_3A$ [G], % máximo	Ver Anexo A	--	--	100[C,H]	--	--	--
Ferroaluminato tetracálcico más dos veces aluminato tricálcico ($C_4AF+2(C_3A)$), o solución sólida ($C_4AF + C_2F$), cuando sea aplicable, % máximo	Ver Anexo A	--	--	--	--	--	25[B]

FUENTE: (INEN 152, 2012)

3.1.1.4.2. Árido fino

- Granulometría

TABLA No 3.4.

REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS PARA EL USO DE ÁRIDO FINO EN HORMIGÓN

Tamiz (NTE INEN 154)	Porcentaje que pasa
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	5 a 30
150 µm	0 a 10

FUENTE: (INEN 872, 2011)

- Módulo de finura: Mayor a 2,3 y menor a 3,1. (INEN 872, 2011)
- Sustancias perjudiciales

TABLA No 3.5.

SUSTANCIAS PERJUDICIALES PERMISIBLES DEL ÁRIDO FINO PARA SU USO EN HORMIGÓN

Detalle	Porcentaje de la muestra total, en masa. Máximo
Terrones de arcilla y partículas desmenuzables	3,0
Material más fino que 75 µm: Hormigón sujeto a abrasión Todos los demás hormigones	 3,0 [A] 5,0 [A]
Carbón y lignito: Donde es importante la apariencia superficial del hormigón Todos los demás hormigones	 0,5 1,0
[A] En el caso de arena fabricada, si el material más fino que 75 µm consiste en polvo de trituración, esencialmente libre de arcilla o esquisto, se permite incrementar estos límites a 5% y 7%, respectivamente.	

FUENTE: (INEN 872, 2011)

- Impurezas orgánicas: Se prohíbe árido con coloración negra de acurdo a lo normalizado. (INEN 872, 2011)
- Resistencia al desgaste por sulfatos: Máximo 10% por sulfato de sodio y máximo 15% por sulfato de magnesio. (INEN 872, 2011)

3.1.1.4.3. Árido Grueso

- Granulometría

TABLA No 3.6.
REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS PARA EL USO DE ÁRIDO GRUESO EN HORMIGÓN

Número de tamaño	Tamaño nominal (Tamices con aberturas cuadradas) (mm)	Porcentaje acumulado en masa que debe pasar cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas)													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	300 µm
1	de 90 a 37,5	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
2	de 63 a 37,5	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
3	de 50 a 25,0	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---
357	de 50 a 4,75	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	---	0 a 5	---	---	---
4	de 37,5 a 19,0	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---
467	de 37,5 a 4,75	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	---
5	de 25,0 a 12,5	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---
56	de 25,0, a 9,5	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---
57	de 25,0 a 4,75	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---
6	de 19,0 a 9,5	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	---
67	de 19,0 a 4,75	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
7	de 12,5 a 4,75	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---
8	de 9,5 a 2,36	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---
89	de 9,5 a 1,18	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 [A]	de 4,75 a 1,18	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

FUENTE: (INEN 872, 2011)

- Sustancias Perjudiciales

TABLA No 3.7.
SUSTANCIAS PERJUDICIALES PERMISIBLES DEL ÁRIDO FINO PARA SU USO EN HORMIGÓN

Designación de clase	Tipo o ubicación de la construcción de hormigón	Máximo permisible, %						
		Terrones de arcilla y partículas desmenuzables	Chert [B] (gr. esp. SSS menor de 2,40)	Total de terrones de arcilla, partículas desmenuzables y chert (gr. esp. SSS menor de 2,40)	Material más fino que 75 µm	Carbón y lignito	Valor de la degradación (%) [A]	Solidez de los áridos mediante el sulfato de magnesio (5 ciclos) [B]
Condición de intemperismo severo								
1S	Zapatas, fundaciones, columnas y vigas no expuestas a la intemperie, losas de pisos interiores que van a ser revestidas	10,0	---	---	1,0 [C]	1,0	50	---
2S	Pisos interiores sin revestimiento	5,0	---	---	1,0 [C]	0,5	50	---
3S	Muros de fundación sobre el nivel del terreno, muros de retención, estribos, pilares, vigas principales y vigas expuestas a la intemperie	5,0	5,0	7,0	1,0 [C]	0,5	50	18
4S	Pavimentos, tableros de puentes, caminos y bordillos, senderos, patios, pisos de garaje, pisos expuestos y terrazas o estructuras frente al agua, sujetas a humedecimiento continuo.	3,0	5,0	5,0	1,0 [C]	0,5	50	18
5S	Hormigón arquitectónico expuesto	2,0	3,0	3,0	1,0 [C]	0,5	50	18
Condición de intemperismo moderado								
1M	Zapatas, fundaciones, columnas, y vigas no expuestas a la intemperie, losas de pisos interiores que van a ser revestidas	10,0	---	---	1,0 [C]	1,0	50	---
2M	Pisos interiores sin revestimiento	5,0	---	---	1,0 [C]	0,5	50	---
3M	Muros de fundación sobre el nivel del terreno, muros de retención, estribos, pilares, vigas principales y vigas expuestas a la intemperie	5,0	8,0	10,0	1,0 [C]	0,5	50	18
4M	Pavimentos, tableros de puentes, caminos y bordillos, senderos, patios, pisos de garaje, pisos expuestos y terrazas o estructuras frente al agua, sujetas a humedecimiento continuo	5,0	5,0	7,0	1,0 [C]	0,5	50	18
5M	Hormigón arquitectónico expuesto	3,0	3,0	5,0	1,0 [C]	0,5	50	18
Condición de intemperismo nulo								
1N	Losas sujetas a la abrasión del tráfico, tableros de puentes, pisos, senderos, pavimentos	5,0	---	---	1,0 [C]	0,5	50	---
2N	Todas las demás clases de hormigón	10,0	---	---	1,0 [C]	1,0	50	---

FUENTE: (INEN 872, 2011)

- Impurezas orgánicas: Se prohíbe árido con coloración negra de acurdo a lo normalizado. (INEN 872, 2011)
- Resistencia al desgaste por sulfatos: Máximo 10% por sulfato de sodio y máximo 15% por sulfato de magnesio. (INEN 872, 2011)

3.1.1.4.4. Agua

- Características físicas

TABLA No 3.8.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE AGUA DE MEZCLADO PARA HORMIGÓN

PARAMETRO	*UNIDAD*	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	*NTU*	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN^-	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 [1)]
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO_3^-	mg/l	50
Nitritos, NO_2^-	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bg/l	0,5
Radiación total β **	Bg/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04

FUENTE: (INEN 1108, 2014)

- Requisitos microbiológicos

TABLA No 3.9.

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA DE MEZCLADO PARA HORMIGÓN

	Máximo
Coliformes fecales (1): Tubos múltiples NMP/100 ml ó Filtración por membrana ufc/ 100 ml	 < 1,1 * < 1 **
Cryptosporidium, número de ooquistes/ litro	Ausencia
Giardia, número de quistes/ litro	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm^3 ó 10 tubos de 10 cm^3 ninguno es positivo ** < 1 significa que no se observan colonias (1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

FUENTE: (INEN 1108, 2014)

3.1.1.4.5. **Hormigón para estructuras de hormigón armado**

- Resistencia mínima a la compresión a los 28 días:
  Valor mínimo para hormigón normal: 21 Mpa o 214,07 kg/cm2. ((NEC), 2015)
  Valor mínimo para hormigón normal: 35 Mpa o 356,78 kg/cm2. ((NEC), 2015)
- Módulo de elasticidad: Será calculado por la fórmula $Ec = 4.7 * \sqrt{fc}$. ((NEC), 2015) Ec. 3.1.
- Hormigón sin excesos de segregación o exudación. ((NEC), 2015)
- Resistencia en ambientes expuestos. ((NEC), 2015)

- Cumplir ensayos de resistencia al hormigón. ((NEC), 2015)
- Acero con esfuerzo de fluencia de 4200 kg/cm2. ((NEC), 2015)
- Acero de alambre corrugado. ((NEC), 2015)
- Varillas no espaciadas más de 400mm. ((NEC), 2015)

3.1.2. Uso del hormigón en la construcción quiteña

Como se mencionó anteriormente el hormigón es el material de construcción más utilizado a nivel mundial, y la construcción en Quito no se exime de este hecho; dentro del Distrito Metropolitano de Quito el uso más frecuente del hormigón es en la construcción de edificaciones, la elaboración de distintos elementos que constituyen la estructura de cualquier edificación se lo realiza con hormigón armado, a continuación se enumeran algunos de estos elementos.

- Columnas
- Vigas
- Losas
- Gradas
- Plintos, vigas y losas de cimentación
- Muros



Figura 3.4. Construcción de edificio twin towers en Quito FUENTE: (JVW-SI, 2015)



Figura 3.5. Construcción de edificio de ubicada en las avenidas 6 de Diciembre y Portugal en la ciudad de Quito FUENTE: (REVISTA LÍDERES, 2015)

Cabe recalcar que no solo el hormigón es utilizado en la construcción de edificaciones en Quito, este material es también utilizado en obras de movilidad como el metro de Quito, esta obra actualmente es la que más fabricación de hormigón necesita de las construcciones de Quito por la magnitud de obra.

A continuación se presentarán los tipos de hormigones que se suelen utilizar en la ciudad de Quito según su resistencia y uso.

TABLA No 3.10.

RESISTENCIAS DE HORMIGÓN MÁS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN QUITEÑA

Resistencia del hormigón f`c en kg/cm^2	Uso
180	• Su en la construcción quiteña es poco usual. • Su uso más frecuente es para la construcción de contrapisos de hormigón.
210	• Es el hormigón con la resistencia mínima permitida en la ciudad. • Se lo suele utilizar para la construcción de losas y columnas de casas pequeñas de hasta dos pisos.
280-300	• Es el hormigón con el rango de resistencia con mayor frecuencia de utilización en la ciudad. • Suele utilizarse en elementos estructurales de casas de hasta tres pisos, centros sociales y escuelas.
Mayor a 300	• Hormigones con altas resistencias suelen utilizarse obras de gran magnitud en la ciudad. • Se suele utilizar en edificios de gran altura y mega construcciones como plantas de tratamiento, el metro y represas.

FUENTE: (MODENESE, 2015)

3.1.3. Propiedades y ensayos del hormigón endurecido

A continuación se presentaran las propiedades más importantes del hormigón cuando se ha endurecido, y que serán relevantes en la vida útil del material.

- ***Cambio Inicial de volumen***: Debido a la pérdida de agua de la pasta de concreto fresco, sea por evaporación o por succión, el concreto disminuye su volumen en aproximadamente 1%, a este fenómeno se lo denomina contracción plástica, por ende es importante el control del agua de mezcla para evitar tempranamente la aparición de grietas y fisuras. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)
  Existe también la denominada contracción por secado, que ocurre cuando el hormigón no se ha curado adecuadamente y se ha dejado secar, provocando la aparición temprana de grietas y fisuras, se podría decir que la contracción del hormigón se desacelera a lo largo del tiempo, gran parte de la contracción del hormigón ocurre en

las dos primeras semanas de curado, la contracción y la producción de fisuras, se puede deber a la falta de curado, alta relación agua cemento, falta de acero de refuerzo, entre otros. También hay que decir que la contracción por secado depende de las dimensiones de la estructura, produciéndose una contracción no uniforme del elemento de hormigón. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

- ***Reptación***: Cuando se habla de la reptación del hormigón se refiere a la deformación progresiva en el tiempo por la acción de cargas sostenidas, por lo tanto este proceso se realiza a lo largo de los años; la reptación depende también del tipo de elemento estructural, por ejemplo una viga simplemente apoyada se verá más afectada por este proceso que una viga empotrada en sus apoyos. En elementos realizados con hormigón pretensado el fenómeno de reptación también se hace presente provocando la pérdida de la tensión, que tiene que ser solucionado con cables de alta resistencia. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)
- ***Permeabilidad:*** La durabilidad del hormigón se encuentra ligada en gran parte a su permeabilidad, un hormigón permeable permite que el agua y otros componentes penetren en este material, con lo que se vuelve muy propenso ante ataques químicos, corrosión del acero de refuerzo y a la reactividad álcali-árido. Los espacios vacíos producidos por la mala consolidación del hormigón fresco y por la evaporación de agua de mezcla que no ha sido utilizada para la hidratación del cemento afectan considerablemente a la permeabilidad. Por lo tanto la relación agua- cemento afecta a la permeabilidad de manera proporcional de la siguiente manera. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

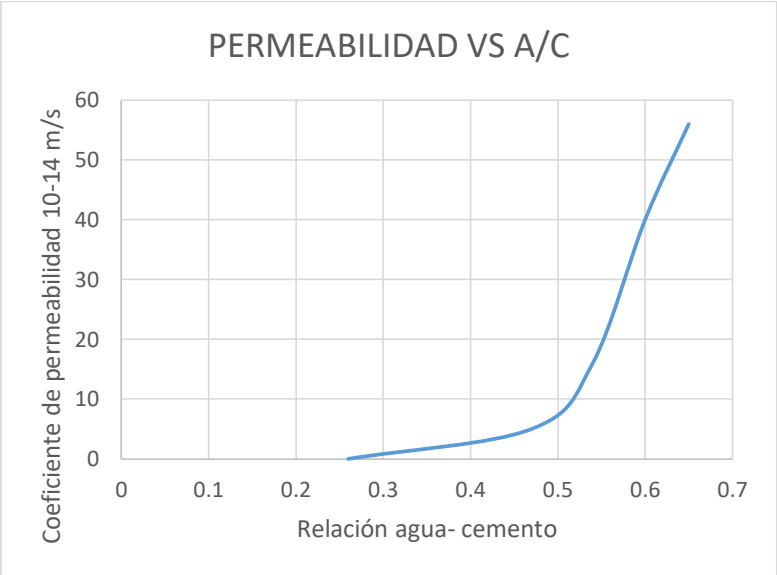


Figura 3.6. Variación del coeficiente de permeabilidad en función de la relación agua-cemento FUENTE: (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

Otro factor que afecta a la permeabilidad del hormigón es la edad del material, con la edad se reduce la permeabilidad dado que los productos de hidratación rellenan los espacios entre los gránulos de cemento. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

- ***Relación esfuerzo- deformación***

  Se sabe que al aumentar la relación agua- cemento la resistencia y la rigidez del hormigón disminuye; en la siguiente figura podremos denotar este hecho

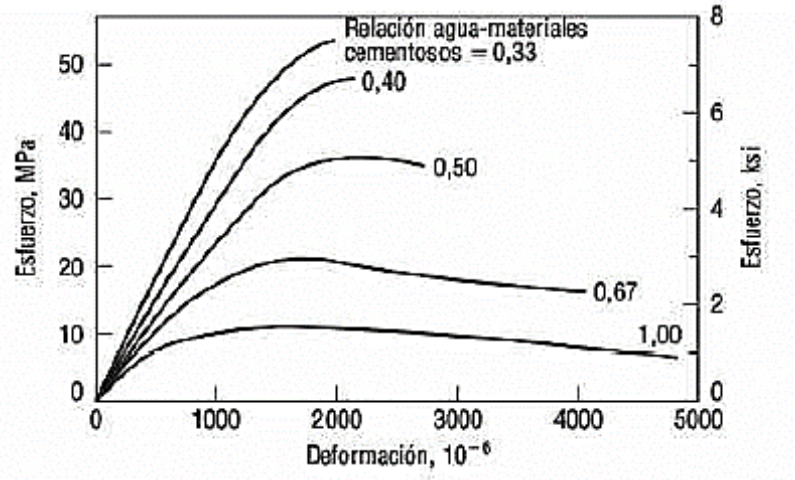


Figura 3.7. Variación de la resistencia del hormigón en función de su relación agua-cemento
FUENTE: (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

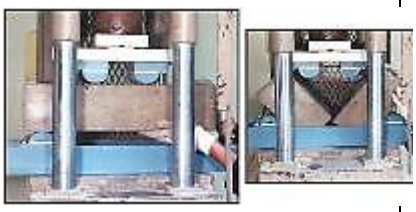
Podemos denotar también que la relación esfuerzo deformación tiende a ser lineal para para esfuerzos bajos, mientras que cuando aumentamos el esfuerzo esta relación se vuelve no lineal, también se demuestra que el hormigón de alta resistencia presenta picos agudos y características de fracturas súbitas, si es comparada con hormigones de baja resistencia. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

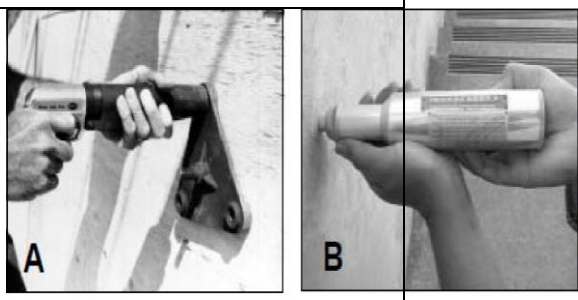
Se debe tener en cuenta que la curva de relación esfuerzo- deformación de la compresión del hormigón es muy similar a la de tracción con la diferencia de que la resistencia a la tracción es mucho más pequeña que la resistencia a la compresión. La definición de módulo de elasticidad no es muy aplicable en el hormigón ya que no es una relación lineal, la obtención del módulo de elasticidad del hormigón por medio de tangente a la curva es aplicable para un nivel de esfuerzo pequeño, la manera más común de obtención de módulos de elasticidad es el método del módulo de cuerda; además de esto se debe tomar en cuenta que el módulo de elasticidad se incrementa cuando disminuye la resistencia, por ende han implantado una serie de relaciones empíricas entre el módulo de elasticidad del hormigón y la resistencia a los 28 días del hormigón. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

3.1.3.1. Pruebas del hormigón endurecido

Las pruebas en el hormigón pueden ser destructivas y no destructivas, la mayoría de ellas sirven para medir la calidad del hormigón, y cumplir sus distintas especificaciones, a continuación se muestran las pruebas en el hormigón más comunes.

TABLA 3.11.
ENSAYOS EN HORMIGÓN ENDURECIDO

PRUEBA	DESCRIPCIÓN	ENSAYO
Resistencia a la compresión	• Prueba más común. • Resistencia aumenta a mayor relación a/c. • Probetas cilíndricas de 15cm de diámetro y 30cm de altura. • Se preparan en tres capas apisonando con 25 golpes. • Las probetas se prueban utilizando una carga de conexión axial. • La resistencia se obtiene dividiendo el valor de la carga obtenida para la sección de la probeta. • Se probarán tres o más probetas a los 7 y 28 días. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)	 Figura 3.8. Ensayo de Compresión en hormigón FUENTE: (PAZOS,2018)
Resistencia a la compresión diametral	• Mide la resistencia a la tracción del hormigón. • Probeta cilíndrica de 15cm de diámetro y 30 cm de altura. • Carga de compresión según el diámetro vertical. • Fractura debido a la tensión en dirección transversal. • La resistencia se calcula con la siguiente expresión. $T = \frac{2P}{\pi Ld}$ Ec.3.2. Donde P es la carga L es la longitud de probeta d es el diámetro de probeta • Los valores varían desde 2.5 Mpa hasta 3,1 Mpa (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)	 Figura 3.9. Ensayo de compresión diametral en el hormigón. FUENTE: (Amador, 2014)
Resistencia a la flexión	• Importante para la construcción de carreteras. • Distintas dimensiones de probetas, se utilizan probetas cuadradas con longitud igual a tres veces la profundidad de la probeta. • Generalmente se utilizan probetas de 15cmx15cmx30cm • Se coloca en la máquina mostrada en la figura y se posiciona los apoyos tal como se muestra. • La carga se aplica de forma continua. • Generalmente la fractura se realiza en el tercio central del vano, y se usa la siguiente expresión.	 Figura 3.10. Ensayo de flexión en hormigón. FUENTE: (CIVILGEEKS, 2011)

	$R = \frac{Mc}{I} = \frac{PL}{bd^2}$ Ec. 3.3. Donde P es la carga L es la longitud de probeta b es la anchura media de probeta d es la profundidad de probeta • Si la falla no se produce en el tercio medio de la probeta se realizarán correcciones a la fórmula. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)	
Resistencia a la penetración	• Utiliza un dispositivo tipo pistola. • Se dispara sondas contra la superficie del hormigón. • La resistencia del hormigón es inversamente proporcional a la penetración de la sonda. • Prueba no destructiva. • Se realiza la prueba a través de pequeños huecos formados en forma de triángulo. • Proporciona estimaciones de resistencia del hormigón estudiado. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)	 Figura 3.11. Ensayo de penetración en hormigón FUENTE: (CIVILGEEKS, 2011)

FUENTE: (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

3.1.4. Patologías del concreto

Cuando hablamos de patología nos referimos a enfermedad o daño, por lo tanto hablar de patología de cualquier material hace referencia al estudio del daño en elementos realizados con cada uno de los materiales, así como sus causas y soluciones.

Los daños o lesiones en cualquier material podemos clasificarlos de la siguiente manera:

- Lesiones físicas
- Lesiones mecánicas
- Lesiones químicas

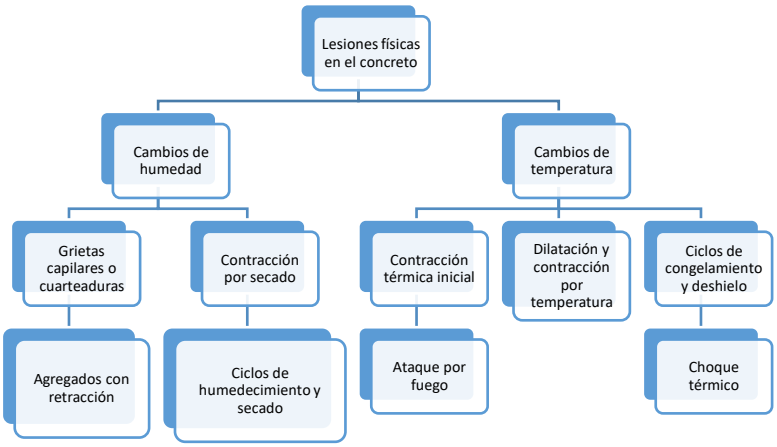
En el caso del hormigón, existen lesiones producidas antes del endurecimiento y lesiones después del endurecimiento, para este estudio nos concentraremos en el hormigón endurecido. (Broto, 2005)

3.1.4.1. Lesiones físicas en el concreto

Las lesiones físicas son aquellas en las que la patología se presenta en mayor parte por la presencia del ambiente, las cuales se muestran a continuación

MAPA JERÁRQUICO No 3.1.

LESIONES FÍSICAS PRODUCIDAS EN EL HORMIGÓN



FUENTE: (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

3.1.4.1.1. Cambios de humedad

- ***Grietas capilares o cuarteaduras***

  Este tipo de grietas generalmente aparecen en distribución hexagonal, pueden aparecer antes y después de que se halla fraguado el hormigón, tal como se muestra en la figura.



Figura 3.12. Cuarteaduras en pisos de hormigón FUENTE: (TOLANO, 2012)

  Este tipo de grietas se puede deber a la segregación del concreto, también puede producirse por el avance del agua, material fino y cemento hacia la superficie de la estructura debido al aplanamiento de la misma. Al momento que este material aflora a la superficie tiende a secarse rápidamente produciendo esfuerzos de tensión, que a su vez producen grietas y fisuras, estas grietas suelen aparecer entre 1 y 15 días de fraguado del hormigón. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

- ***Contracción por secado***

  La contracción por secado se refiere a la disminución de volumen producida en el hormigón que se encuentra expuesto a un ambiente con humedad no saturada o por falta de humedad. Es claro que el concreto pierde agua al inicio del fraguado por evaporación, lo que le produce una contracción producida por la tensión capilar del agua restante, bajo este concepto es claro deducir que a mayor agua de mezclado mayor evaporación de la misma existirá por lo tanto se producirá más contracción por secado en el hormigón, por ende es necesario reducir al mínimo la cantidad de agua de mezclado, consistente con la consistencia y trabajabilidad del concreto. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)



Figura 3.13. Fisuras producidas por efecto de contracción por secado
FUENTE: (IMCYC, 2012)

Dependiendo de la condiciones climáticas, el contenido inicial de agua y el tipo de áridos, la contracción final en concretos normales suele oscilar entre 0,2mm y 0,7mm por cada metro lineal, este tipo de lesión se debe tomar en cuenta sobre todo en muros, pisos y pavimentos los cuales se encuentran expuestos a la atmósfera en relación al volumen total de masa de hormigón.

Entre las maneras de controlar este proceso de contracción es el uso de acero de refuerzo, mediante el preesfuerzo del concreto y sobre todo en pavimentos de hormigón el uso de juntas de contracción es esencial. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

- ***Agregados con retracción***

  Como se mencionó anteriormente la contracción del hormigón se debe principalmente a las condiciones del ambiente, pero también se mencionó que se debe a la calidad de los agregados, si los agregados utilizados en el concreto son compactos, con la rugosidad correcta y con buena resistencia, generan la adherencia correcta pasta- agregado, sin embargo si los agregados son absorbentes y malos pueden producir retracciones considerables. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)



Figura 3.14. Grieta producida por retracción de agregados
FUENTE: (Mejia, 2013)

- ***Ciclos de humedecimiento y secado***

  Este tipo de lesiones se producen fundamentalmente en estructuras hidráulicas, donde cierta parte de sus elementos se encuentran por debajo del agua durante u cierto tiempo, luego de bajar el nivel del agua el elemento que se encontraba sumergido se comienza a secar, este ciclo se denomina de humedecimiento y secado, en el elemento afectado por estos ciclos pueden existir fenómenos como corrosión del acero,

agrietamiento del concreto por esfuerzos de tensión, degradación de la pasta superficial por erosión y pérdida de material por descomposición química. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)



Figura 3.15. Degradación del concreto utilizado en columnas y puentes producida por ciclos de humedecimiento y secado.
FUENTE: (Mejia, 2013)

Bajo este concepto es claro que en estructuras que se encuentren edificadas en zonas donde el ambiente es muy cambiante tal como el clima quiteño, este fenómeno también se puede presentar.

3.1.4.1.2. Cambios de Temperatura

- ***Contracción térmica inicial***

  Este es la primera lesión causado por cambios de temperatura, se debe esencialmente al calor de hidratación producido por la hidratación del cemento, el concreto puede generar temperaturas más altas que el ambiente; por ende se producen microfisuras en los primeros 5 días de fraguado debido a que existe una temperatura en la superficie distinta en la superficie que en el núcleo del concreto, por lo tanto el enfriamiento superficial es más rápido que el enfriamiento dentro del concreto, posteriormente estas fisuras se pueden acentuar por contracción por secado. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

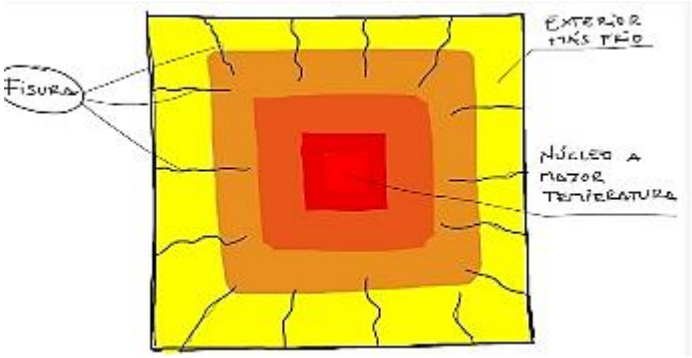


Figura 3.16. Fisuración interna del hormigón por contracción térmica inicial
FUENTE: (ALARIO, 2012)

Este fenómeno se puede controlar reduciendo la velocidad de enfriamiento superficial del concreto con cementos de menor hidratación, con agregados con bajo coeficiente de dilatación, con un buen curado del hormigón y utilizando juntas de contracción en casos de pavimentos de concreto.

- ***Dilatación y contracción por temperatura***

  Al igual que la mayoría de materiales el hormigón tiene la propiedad de dilatarse cuando la temperatura aumenta y contraerse cuando la temperatura disminuye, estos cambios de volumen si son restringidos, pueden producir fisuración y posteriormente la aparición de grietas en el hormigón, este fenómeno puede llegar a ser más perjudicial cuando se combina con la contracción por secado. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

  En el capítulo anterior se hizo mención al alabeo por gradiente térmica, en la cual se denota la capacidad que tiene el concreto para absorber energía radiante, y que se concentra en la superficie, este fenómeno podemos notar en pisos exteriores de edificaciones, gradas y pavimentos de hormigón, dado que al calentarse la superficie más que capas inferiores suele producirse una concavidad hacia abajo en el elemento, produciéndose a su vez esfuerzos de compresión y tracción, es claro que en la noche este efecto se invertirá produciéndose una concavidad hacia arriba, al igual que la contracción por secado este fenómeno se puede contrarrestar mediante el uso de acero de refuerzo. Se debe tomar en cuenta que el efecto de dilatación y contracción puede afectar a muros y otros elementos de las estructuras si los cambios de temperatura son bruscos en el lugar donde se encuentra la edificación. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)



Figura 3.17. Fisuración de pisos por dilatación y contracción térmica
FUENTE: (Solucionesespeciales.net, 2016)



Figura 3.18. Agrietamiento por dilatación en edificio
FUENTE: (peritararquitectura.blogspot, 2012)

A continuación se presentarán diferentes tipos de lesiones provocados por temperatura, no se tomará en cuenta el ataque por fuego por ser un evento ocasional.

TABLA No 3.12.

OTRAS LESIONES PRODUCIDAS POR EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL CONCRETO

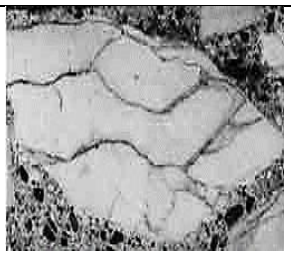
Diferentes lesiones por temperatura		
TIPO DE LESIÓN	DESCRIPCIÓN	LESIÓN
Ciclos de congelamiento y deshielo	• Se da en zonas donde existen grandes heladas. • El agua en los poros aumenta volumen por congelamiento. • Grandes esfuerzos de tracción. • Formación de cristales en los agregados y futuro fisuramiento del concreto.	 Figura 3.19. Degradación por ciclos de congelamiento y deshielo. FUENTE:(STARK, 1976)
Microfisuras y cuarteaduras en mapa	• Presencia de planos de falla por dilatación y contracción térmica. • Suele presentarse pequeños rasgos de descarbonatación.	 Figura 3.20. Cuarteaduras en mapa. FUENTE: (noticias.universia, 2010)
Delaminación y descascaramiento	• Caracterizado por desprendimientos superficiales. • Se presenta en zonas donde existen altas temperaturas pero con presencia de humedad en el hormigón. • Pérdida de masa y descarbonatación avanzada.	 Figura 3.21. Descascaramiento del concreto. FUENTE: (GARCÍA, 2018)
Desintegración por fatiga	• Descarbonatación evidente. • Desintegración total de la masa de hormigón.	 Figura 3.22 Descarbonatación del concreto. FUENTE: (rtarquitectura.com, 2016)
Calcinación	• Descarbonatación del concreto por aumento de la temperatura. • Incluye distintos tipos de fisuramiento. • Calcinación incipiente hasta calcinación avanzada.	

		 Figura 3.23. Calcinación del concreto. FUENTE: (ALARIO, 2012)
Fisuramiento por choque térmico	• Se desarrolla en bordes de losas. • Se producen por cambios dramáticos de temperatura. • Manifestaciones de fisuramiento por alabeo.	 Figura 3.24. Agrietamiento en losa por choque térmico FUENTE: (OSORIO, 2011)

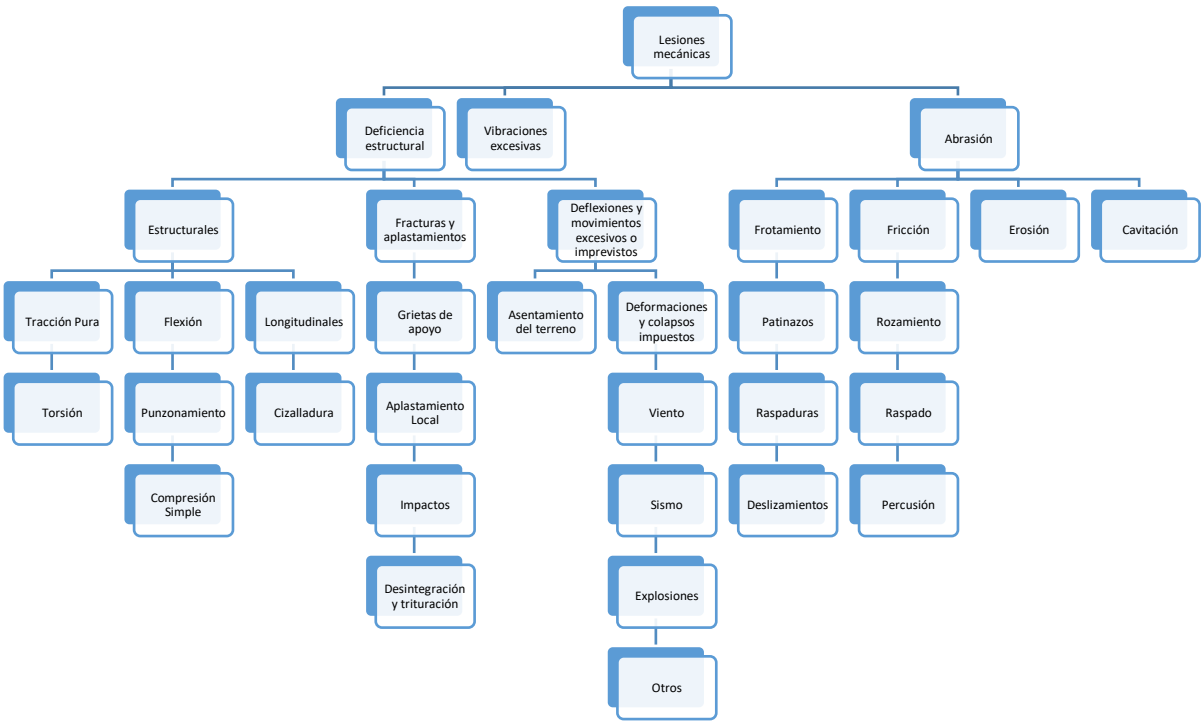
3.1.4.2. Lesiones mecánicas en el concreto

Es claro que las lesiones mecánicas son aquellas que más afectan a las estructuras incluso hasta llegar al colapso, pero las lesiones físicas y químicas pueden agravar la resistencia de la estructura ante distintas solicitaciones de carga.

A continuación se presentan las lesiones mecánicas más comunes en una edificación.

MAPA JERÁRQUICO No 3.2

LESIONES MECÁNICAS EN EL CONCRETO



FUENTE: (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

El presente trabajo analizará lesiones físicas producidas por el medio ambiente a lo largo del tiempo, y observará su impacto en la resistencia a la compresión simple del hormigón, se describirá más adelante las fallas producidas por esta solicitación en el concreto, pero es importante mencionar todas las lesiones mecánicas existentes para futuras investigaciones en el concreto.

- ***Compresión simple***

  Las solicitaciones de compresión simple son más comunes en columnas y sobre todo en columnas cortas donde no suele presentarse el fenómeno de flexo-compresión, en estas se producen un esfuerzo de compresión simple mediante una carga axial aplicada en la sección transversal de la columna, si es rebasada la resistencia de la columna a compresión simple ocurre generalmente una fisuración paralela a lo largo de la columna, pero puede también ocurrir de forma oblicua indicando un hormigón seco. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

  A continuación se muestran las fallas más comunes a compresión simple

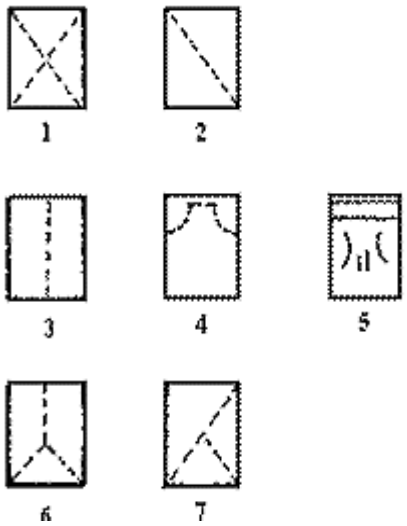


Figura 3.25. Fallas producidas en el ensayo a compresión del concreto
FUENTE: (elconstructorcivil.com, 2011)

1) Espécimen bien preparado.
2) Aplicación de la carga en el límite de tolerancia especificada o excedida esta.
3) Concavidad o convexidad del material o por deficiencia del mismo.
4) Caras de aplicación de la carga en forma cóncava o por deficiencias del material.
5) Concentraciones de esfuerzo en puntos sobresalientes y rugosidades en el plato de cabeceo.
6) Cara de aplicación de la carga convexa o por deficiencia del material.
7) Ligeras desviaciones al centrar el espécimen en la placa inferior.

FUENTE: (elconstructorcivil.com, 2011)

3.1.4.3. Lesiones químicas y biológicas en el concreto

Estas lesiones se producen por procesos patológicos químicos y biológicos, el origen de estas lesiones se debe principalmente por la presencia de sales, ácidos, álcalis, microrganismos, entre otros, en muchos casos la presencia de estos factores puede llegar a afectar la integridad del material reduciendo su durabilidad.

A continuación se presentan las lesiones de carácter químico y biológico que típicamente se presentan en el concreto.

TABLA No 3.13.

LESIONES QUÍMICAS PRODUCIDAS EN EL CONCRETO

LECIONES QUÍMICAS		
TIPO DE LESIÓN	DESCRIPCIÓN	LESIÓN
Reacción álcali-agregados	• Intervienen hidróxidos alcalinos y minerales de la roca. • Existen reacciones álcali-sílice, álcali-silicato y álcali-carbonato. • Se manifiesta entre dos y cinco años de edad • Se manifiesta mediante microfisuras y mapas de falla.	 Figura 3.26. Agrietamiento por reacción álcali-agregados en apoyo de puente. FUENTE: (hesspumice.com, 2017)
Carbonatación	• Reacción ácida, producida por penetración de CO2 en la superficie del concreto. • Convierte hidróxido de calcio Ca(OH)2 en carbonato de calcio CaCO3. • Existe disminución de volumen de concreto denominada contracción por carbonatación. • Fenómeno presente en humedades altas. • Mayor carbonatación a menor tiempo de curado.	 Figura 3.27. Carbonatación del concreto. FUENTE: (OSORIO J. , 2012)
Ataque de sulfatos	• Suelen estar disueltos en el agua freática. • Deterioro por acumulación de este tipo de agua en el concreto. • Causan expansiones del concreto, rupturas y ablandamiento. • Debido a la perdida de cohesión de la pasta de cemento y el agregado disminuye la resistencia. • El ion So4 produce la degradación del concreto. • El agua de mar también contiene gran cantidad de sulfatos.	 Figura 3.28. Degradación del concreto por ataque de sulfatos FUENTE: (VIVAS, 2013)

Ataque de ácidos	• Reacción entre un vapor o líquido ácido y los compuestos cálcicos del concreto. • Luego del ataque se producen sales cálcicas. • Los ácidos producen sustancias solubles que afectan al concreto. • No existen concretos resistentes a los ácidos por ende deben recubrirse mediante barreras impermeables. • Pueden producir desde fisuras hasta desprendimientos del concreto.	 Figura 3.29. Degradación del concreto por ataque de ácidos. FUENTE: (PALOMINO & MIRIAM, 2014)
Eflorescencias	• Depósitos compuestos de sales de calcio o de metales alcalinos en la superficie del concreto. • El carbonato de calcio insoluble es considerado como el decolorante más serio del concreto.	 Figura 3.30. Eflorescencias presentadas en el concreto. FUENTE: (ingcivil.org, 2012)
Lixiviación	• Descomposición de la pasta de cemento por ataque de ácidos, sales y sulfatos. • Se pierde la pasta superficial del concreto y se exhibe los agregados.	 Figura 3.31. Pérdida de concreto por lixiviación. FUENTE: (libertadintegral.net, 2013)
LECIONES BIOLÓGICAS		
Cultivos Biológicos	• Por biorreceptividad del concreto, pueden proliferar microorganismos. • Estos mantienen húmeda la superficie del concreto, por lo que se promueve mecanismos de deterioro.	 Figura 3.32. Residuos biológicos en el hormigón. FUENTE: (MESA, 2017)

Bacterias	• Microorganismos del orden de una micra. • Existen bacterias que se combinan con químicos del concreto y permiten el ataque de los sulfatos y la corrosión del acero.	 Figura 3.33. Degradación del concreto por factores biológicos. FUENTE: (ENCONCRETO, 2013)
Hongos	• Se encuentran siempre y cuando exista materia orgánica. • Son los organismos que más rápido proliferan, y dependen de las condiciones atmosféricas. • Pueden causar daños mecánicos por filamentos orgánicos que poseen que afectan la microestructura del concreto. • Producen manchas de coloración macromorfológica y desagradable olor.	 Figura 3.34. Presencia de hongos en concreto. FUENTE: (es.dreamstime, 2017)
Algas y musgos	• Son plantas celulares provistas de clorofila. • La humedad es propicia para su colonización. • Captan calcio y magnesio del cemento. • Por ende existen perforaciones o hendiduras en el concreto.	 Figura 3.35. Presencia de musgo en concreto. FUENTE: (ENCONCRETO, 2013)

FUENTE: (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

3.2. MORTERO

3.2.1. Descripción del material

Se denomina mortero a la mezcla cuyo objetivo es de unir ladrillos, mampuestos y ser usado como enlucido o como protección de elementos de una edificación, por lo general el mortero se encuentra compuesto de cal o cemento, arena y agua; la arena se usa como elemento para dar solidez y evitar el resquebrajamiento de la mezcla al endurecerse, además el uso de arena reduce por lo menos un tercio la cal o el cemento. (CEAC, 1983)

Todo mortero tiene la característica de endurecerse con el tiempo y formar una masa común con los elementos a los cuales se une. (CEAC, 1983)

3.2.1.1. Dosificación y elaboración del mortero

Generalmente al igual que el hormigón el mortero se lo dosifica en proporción de los materiales componentes, por ejemplo una dosificación 1:2 significa que se deben mezclar un volumen de cal o cemento con dos volúmenes de arena, es claro que la dosificación de cada mortero dependerá de la utilización en la construcción. (CEAC, 1983)

Con respecto a la elaboración del mortero, generalmente se lo realiza manualmente en la construcción, al menos si el mortero se lo realiza en laboratorio se lo suele realizar mediante una pala mezcladora, manualmente el mortero se lo realiza de la siguiente manera:

- Sobre una plancha de madera o hierro se vierte la totalidad de la arena y sobre ella la cal o arena en las proporciones necesarias. (CEAC, 1983)
- Se mezclan la arena con el cemento o la cal hasta que haya la mezcla conseguido un color uniforme. (CEAC, 1983)
- Se forma una especie de montaña con cráter al medio y hecha cierta cantidad de agua en el cráter. (CEAC, 1983)
- Se procede a realizar el amasado del mortero arrastrando los exteriores de la montaña hacia el centro donde se encuentra colocada el agua. (CEAC, 1983)
- Se mezcla hasta que la masa sea uniforme y trabajable. (CEAC, 1983)

Cuando la obra es de gran magnitud también se suele utilizar concretaras o mortero premezclado



Figura 3.36. Mezcla de arena y cemento para la formación de mortero
FUENTE: (VALDERAS, elmaestrodecasas.blogspot, 2013)



Figura 3.37. Mezcla final cemento, arena y agua
FUENTE: (VALDERAS, elmaestrodecasas.blogspot, 2013)

3.2.1.2. Tipos de mortero

A continuación se presentan los diferentes tipos de mortero utilizados en la construcción.

TABLA No 3.14.
MORTEROS MÁS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

TIPOS DE MORTERO	
Mortero	Descripción
Morteros simples	• Interviene tan solo cal o cemento y agua. • Se prescinde de la arena. • Su uso es poco común.
Mortero de tierra	• Se forma con tierra y agua • Se usa tierra semi-arcillosa, la que se emplea en la fabricación de ladrillos. • Este mortero atrae mucho la humedad. • Se usa en construcciones rurales como muros de cerca y de contención.
Mortero de yeso	• Mezcla de yeso y agua. • Los morteros de yeso blanco se usan para enlucidos y cielos falsos. • Los morteros de yeso tamizado se usan en enlucidos de lujo.
Morteros hidráulicos	• Tienen la particularidad de fraguar bajo el agua. • Usan cal hidráulica o cemento
Mortero de cal hidratada	• Su uso más común es para obras de fábrica. • La cal se endurece debajo del agua o en lugares húmedos. • Se suele usar con la compañía de arena.

	• La cantidad de agua utilizada varía del 19 al 22% del material seco. • Una dosificación 1:1 se usa para enlucidos y una dosificación 1:4 se usa para muros de mampostería.
Mortero de cemento portland	• Son los más usados en la construcción. • Usan cemento, arena y agua. • Tienen mayor resistencia que los morteros de cal. • Se usan en enlucidos, muros de mampostería, pavimentos, revoques entre otros. • Una dosificación 1:1 sirve para enlucidos y una dosificación 1:4 sirve para muros poco cargados

FUENTE: (CEAC, 1983)

3.2.1.3. Especificaciones para el uso del mortero de cemento portland en Quito

Se mencionará los requisitos necesarios para la elaboración de mortero de cemento portland dado que es el más utilizado en la construcción en la ciudad de Quito.

- ***Cemento***

  El cemento debe cumplir con las especificaciones mencionadas en el numeral 3.1.1.4.1, para la elaboración de concreto.

- ***Arena***

  La arena debe cumplir con las siguientes características de granulometría.

TABLA No 3.15.
REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL ÁRIDO FINO PARA SE USADO EN MORTERO

Tamiz	Porcentaje pasante	
	Arena natural	Arena elaborada
4,75 mm (No. 4)	100	100
2,36 mm (No. 8)	95 a 100	95 a 100
1,18 mm (No. 16)	70 a 100	70 a 100
600 µm (No. 30)	40 a 75	40 a 75
300 µm (No. 50)	10 a 35	20 a 40
150 µm (No. 100)	2 a 15	10 a 25
75 µm (No. 200)	0 a 5	0 a 10

FUENTE: (INEN 2536, 2011)

El árido debe estar libre de cantidades inapropiadas de impurezas orgánicas, o su color no denote grandes cantidades de carbón. (INEN 2536, 2011)
El árido no debe exceder en un 10% la degradación por ataque de sulfatos de sodio ni 15% por ataque de sulfatos de magnesio. (INEN 2536, 2011)

- ***Agua***

El agua debe ser limpia y estar libre de ácidos, álcalis, sales y materiales orgánicos u otras substancias perjudiciales para el mortero, otras especificaciones se denotan en el literal 3.1.1.4.3 para el uso en concreto. (INEN 2536, 2011)

- ***Mortero***

El mortero según la norma INEN 2518 se clasifican según su resistencia de la siguiente manera.

TABLA No 3.16.

CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO SEGÚN SU RESISTENCIA

Mortero	Tipo	Resistencia promedio a la compresión a 28 días, min, (MPa)	Retención de agua, % min	Contenido de aire, % max [B]	Relación de áridos (medidos en condición húmeda, suelta)
Cemento y cal	M	17,2	75	12	No menos que 2¼ y no más que 3½ veces los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	12,4	75	12	
	N	5,2	75	14[C]	
	O	2,4	75	14[C]	
Cemento para mortero	M	17,2	75	12	
	S	12,4	75	12	
	N	5,2	75	14[C]	
	O	2,4	75	14[C]	
Cemento para mampostería	M	17,2	75	18	
	S	12,4	75	18	
	N	5,2	75	20[D]	
	O	2,4	75	20[D]	

FUENTE: (INEN 2518, 2010)

Cada uno de estos morteros se utilizan en diferentes elementos constructivos de la siguiente manera.

TABLA No 3.17

CLASIFICACIÓN DE MORTEROS SEGÚN SU UTILIZACIÓN ESTRUCTURAL

Ubicación	Segmento de construcción	Tipo de mortero	
		Recomendado	Alternativo
Exterior, por encima del nivel de terreno	Muro portante Muro no portante Antepecho	N O[B] N	S ó M N ó S S
Exterior, en o por debajo del nivel de terreno	Muro de cimentación, pared de retención, pozos de inspección, desagües, pavimentos, caminos y patios.	S[C]	M ó N[C]
Interior	Muro portante Tabiques no portantes	N O	S ó M N
Interior o exterior	Reparación o acabado	Ver el Apéndice X	Ver el Apéndice X

FUENTE: (INEN 2518, 2010)

3.2.2. Uso del mortero en la construcción quiteña

El mortero en Quito se lo utiliza tanto en construcciones pequeñas como reparaciones y ampliaciones de domicilios como en construcciones de grandes magnitudes como edificios, metros, represas entre otros.

El uso más común del mortero en la ciudad de Quito es en la unión de bloques de mampostería para la construcción de muros y paredes, también es muy usado en el enlucido de paredes y la pega de baldosas y otros tipos de pisos, en estos casos se suele usar morteros pre-elaborados con la dosificación requerida.



Figura 3.38. Uso de mortero para enlucir pared de edificación quiteña
FUENTE: (guiaartesanaldelecuador.com, 2017)



Figura 3.39. Uso de mortero para unir bloques de mampostería de edificación quiteña
FUENTE: (guiaartesanaldelecuador.com, 2017)

A continuación se presentara las dosificaciones en volumen más usadas en la ciudad de Quito, y su uso en cada uno de los casos.

TABLA No 3.18.
DOSIFICACIONES DE MORTERO MÁS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN QUITEÑA

Morteros más usados en la ciudad de Quito	
Dosificación	Uso
1:1 y 1:2	• Suele usarse en enlucidos de estructuras bajo el agua o con grandes cantidades de humedad. • Se usan también en acoples de tubería
1:3	• Suelen usarse en obras hidrosanitarias como el armado de pozos o cajas de revisión.
1:4	• Morteros usados para el masillado de losas, escaleras y de pisos
1:5	• Morteros usados en la unión de bloques y ladrillos para el uso en mampostería. • Suele también usarse en suelos rasos y enlucidos verticales
1:6	• Al igual que el anterior mortero este mortero se suele utilizar en mampostería y enlucidos verticales y horizontales.
1:7	• No se utilizan en la obra principal sino en obras provisionales como garitas de guardianía y oficinas

FUENTE: (MODENESE, 2015)

3.2.3. Propiedades y ensayos del mortero

El mortero al igual que el hormigón gana resistencia con el tiempo, el mortero de cemento puede ser del tipo M, S, N y O, los valores mínimos medios de resistencia a la compresión de estos cuatro tipos de mortero son de 17.2 Mpa, 12.4 Mpa, 5,2Mpa y 2.4Mpa respectivamente. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

En el mortero existe una propiedad igual de importante que la resistencia a la compresión la cual es la resistencia a la tracción de la unión del mortero(ASTM C952), es de tal importancia esta propiedad ya que el mortero sirve como adhesivo y debe garantizar la unión completa, fuerte y duradera de los elementos que una este material. La resistencia a la tracción de la unión normalmente varía entre 0.14Mpa y 0.55Mpa, esta resistencia dependerá de la cantidad de cal existente en la mezcla. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

Otras propiedades importantes del mortero son la facilidad de trabajo, la resistencia a la tracción, resistencia al congelamiento y descongelamiento y la retención de agua de acuerdo al ASTM C91.

3.2.3.1. Ensayos en morteros

A continuación se especificará los dos ensayos más utilizados para medir resistencia en el mortero.

TABLA No 3.19.
ENSAYOS MECÁCNICOS EN EL MORTERO

ENSAYOS EN EL MORTERO		
ENSAYO	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN DE ENSAYO
Esfuerzo de compresión	• El ensayo se realiza con cubos de mortero de 5x5x5 cm. • El mortero debe cumplir con la medida de flujo correspondiente. • Se ensaya en la máquina de carga, la carga total se aplicará en un periodo de 20 a 80 s.	 Figura 3.40. Compresión de cubos de mortero. FUENTE: (PRADO & GONZÁLEZ, 2012)
Esfuerzo de tensión	• El ensayo se realiza con briquetas con dimensiones y forma especificadas en ASTM-C190 • Se deben fabricar más de tres especímenes con el flujo de mortero adecuado. • Se ensaya en la máquina correspondiente, y se registra el valor resultante luego que la máquina se detiene instantáneamente.	 Figura 3.41. Ensayo de tensión en el mortero. FUENTE: (LARA, 2010)

FUENTE: (LARA, 2010)

3.2.4. Patologías del mortero

Como se dijo en el análisis patológico del hormigón, las lesiones de cualquier material pueden ser de carácter físico, mecánico y químico, y el mortero no se exime de este hecho, a continuación se enunciarán las lesiones más características del mortero tanto para enlucido como para mampostería. (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)

- Eflorescencias
- Diferencias de aspecto final
- Microfisuras
- Grietas
- Fisuración en tela de araña
- Desprendimientos
- Manchas
- Microorganismos
- Friabilidad

3.2.4.1. Eflorescencias

El fenómeno ocurre cuando las sales que constituyen el cemento del mortero, al entrar al contacto con el agua se cristalizan causando daños serios por el aumento de volumen; las eflorescencias se presentan como películas de superficie de color blanquecino, estas se pueden presentar por la existencia de humedades altas en el ambiente. (Broto, 2005)

Con altas humedades y bajas temperaturas el ligante del mortero queda con cal libre, cuando el mortero se seca el agua migra a la superficie del mortero, evaporándose y la cal libre se deposita en la superficie del revestimiento. (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)

Para solucionar este problema se puede realizar un lavado con productos específicos, aplicar una nueva capa de mortero, no aplicar sobre soportes húmedos, no aplicar en caso de lluvia durante las 24 horas de colocado y utilizar acelerador de fraguado. (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)



Figura 3.42. Eflorescencias en pastas de mortero
FUENTE: (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)

3.2.4.2. Diferencias de aspecto final

Consiste en diferencias de texturas o color en diferentes zonas de donde fue aplicado el mortero; esto se puede deber por el cambio de herramienta al momento de enlucir o por haber colocado mortero de diferente dosificación.

Para poder solucionar este problema podemos repicar y rehacer o aplicar una segunda capa de mortero. (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)



Figura 3.43. Diferencias en aspecto visual de recubrimientos de mortero
FUENTE: (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)

3.2.4.3. Microfisuras

Generalmente son pequeñas fisuras menores de 3mm que se presentan en forma de tela de araña o red, generalmente estas no son visibles a simple vista, se notan con mayor facilidad al humedecer la pasta de mortero, estas se producen generalmente por la retracción del mortero al momento del endurecimiento, si las temperaturas son altas y el mortero se seca muy rápidamente se pueden producir este tipo de lesiones, también el exceso de agua y los cambios drásticos de humedad y temperatura pueden producir microfisuras. (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)

Para solucionar o prevenir este fenómeno se puede comprobar la buena cohesión y adherencia del mortero, aplicar una segunda capa de mortero o rehacer el mortero. (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)

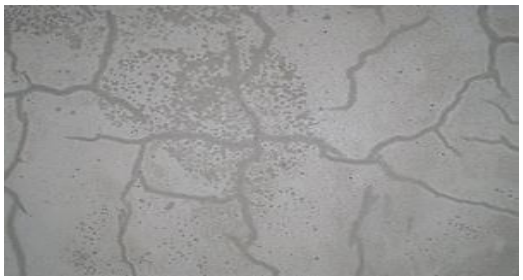


Figura 3.44. Microfisuras presentes en enlucidos con mortero
FUENTE: (grupoconstruya, 2012)

3.2.4.4. Grietas

Son fisuras mayores a los 2mm, y son visibles a simple vista, las grietas se desarrollan a lo ancho del espesor del mortero, y se producen principalmente por cambios térmicos, por el encuentro entre materiales y por el espesor del mortero, es claro que fenómenos estructurales de la edificación también pueden producir grietas en el mortero como asentamientos de la edificación, movimientos por efecto sísmico y por refuerzos estructurales mal calculados.

Si el fallo es estructural no hay mucho por reforzar más bien es apropiado rehacer el mortero en la zona afectada, para prevenir el aparecimiento de grietas es apropiado preparar adecuadamente el elemento donde será colocado el mortero y usar morteros de bajo módulo de elasticidad. (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)



Figura 3.45. Grietas en recubrimientos de mortero
FUENTE: (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)

3.2.4.5. Fisuras de tela de araña

Son fisuras con una abertura mayor a los 2mm, se caracterizan por formar un tipo de hueco en el mortero, indica una falta de adherencia con los elementos a los que se une, la lesión se puede deber a la falta de adherencia y cohesión superficial del mortero, entre otras causas podemos encontrar un espesor excesivo, problemas del material y deficiencia estructural. (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)

Son efectivas las soluciones y recomendaciones utilizadas para mortero con grietas.



Figura 3.46. Fisura en tela de araña en enlucidos de mortero
FUENTE: (CYPE INGENIEROS, 2018)

3.2.4.6. Desprendimientos

Los desprendimientos son aberturas producidas en el mortero por una falta de adherencia notable, se debe principalmente al hecho que las contracciones y dilataciones del mortero superan a la fuerza de adherencia que ejerce sobre los elementos adheridos; también se debe a superficies lisas y de poca adherencia, una deshidratación del mortero o un gran espesor de capa de mortero.

Para controlar o prevenir los desprendimientos es necesario verificar la adherencia, cohesión, resistencia del mortero y no aplicar espesores de mortero mayores a 15mm en enlucido. (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)



Figura 3.47. Desprendimientos en recubrimientos de mortero
FUENTE: (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)

3.2.4.7. Manchas

Si el mortero se encuentra constantemente sometido a lluvias, puede presentarse manchas y diferencias de color, este fenómeno se produce fundamentalmente a que las sales atraídas en lluvias presentes en zonas con alta polución, se impregnan en el mortero, si se utilizan morteros altamente permeables es probable que se incruste la polución y suciedad.

Para contrarrestar este problema es conveniente el lavado con agua limpia del mortero, evitar un acabado con mortero muy rugoso para evitar que se incruste la polución y evitar la utilización de morteros en superficies muy inclinadas. (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)



Figura 3.48. Manchas en enlucidos con mortero
FUENTE: (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)

3.2.4.8. Microorganismos

Si el mortero es colocado en zonas con humedades altas y expuestas a la intemperie, se puede ir cubriendo de microrganismos, líquenes y musgo, este problema también se puede dar ante la presencia de lluvia y salpiqueos de agua. Es claro que la rugosidad del mortero y la humedad del ambiente son las causas principales de la proliferación de microrganismos en el mortero; para prevenir este tipo de patologías podemos lavar con agua limpia la superficie de mortero, evitar la utilización de un recubrimiento de mortero rugoso en zonas muy húmedas y proteger ante la lluvia el mortero colocado. (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)



Figura 3.49. Carpeta biológica en recubrimientos de mortero
FUENTE: (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)

3.2.4.9. Friabilidad

La friabilidad es un fenómeno donde el mortero aunque no esté seco presenta una superficie pulverulenta, esto se debe principalmente a la deshidratación del mortero por alta absorción de la superficie o por una alta temperatura, debido a esto el cemento que compone el mortero no se hidrata y el material queda debilitado y pulverulento. (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)

Entre las prevenciones para evitar la friabilidad podemos nombrar el remojo abundante con agua limpia la superficie del mortero para que se hidrate el mortero y humedecer previamente las superficies de pegado del mortero.



Figura 3.50. Resquicios de friabilidad en recubrimientos de mortero
FUENTE: (NAVARRO, SANDOVAL, & PREIXENS, 2007)

3.3. ACEROS

3.3.1. Descripción del material

El acero es una aleación de hierro con carbono, el hierro puro es un metal blando y blanco, muy maleable y dúctil, para obtener hierro puro se emplean procedimientos especiales electrolíticos (CEAC, 1983); el uso del hierro se remonta al año 1500 a.c, cuando se utilizaban hornos primitivos para calentar el mineral en un fuego de carbón vegetal, luego de un desarrollo extenso de altos hornos en el siglo XIX ya se producían productos de hierro, la producción de acero comenzó en el siglo XVII cuando se inventó el convertidor Bessemer. Actualmente el acero es muy utilizado en obras civiles, el hierro fundido también es ampliamente utilizado para la fabricación de conductos, ferretería y componentes de máquinas. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

Podríamos clasificar al uso del acero en obras civiles de la siguiente manera:

- ***Acero Estructural***: Es empleado en barras, placas, como perfiles de vigas y columnas entre otros. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)
- ***Productos de conexión***: Utilizados para conexiones estructurales como pernos, tuercas y arandelas. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)
- ***Armaduras de acero***: Son utilizadas para reforzar al hormigón y soportar esfuerzos de tracción. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

3.3.1.1. Producción del acero

Para la elaboración del acero se tienen las siguientes fases

3.3.1.1.1. Reducción del mineral de hierro a arabio.

La reducción del hierro a arabio se lleva a cabo en un alto horno, el cual se calienta en presencia de carbono, el oxígeno del hierro reacciona con el carbono para formar gases, el cual se encarga para eliminar impurezas, el hierro fundido con un exceso de carbono en solución se acumula en la parte inferior del horno, mientras que las impurezas flotan por encima del arrabio fundido. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

3.3.1.1.2. Refinado del arrabio para producir acero.

El proceso de refinamiento del arrabio consiste en la eliminación de impurezas y exceso de carbono, haciéndole pasar por tres hornos ordenados de la siguiente manera:

- Horno de reverbero
- Horno básico de oxígeno

- Horno eléctrico

En los hornos de reverbero y de oxígeno se eliminan los excesos de carbono, mediante gases producidos por la combinación del carbono con el oxígeno para formar gases, mientras que los hornos eléctricos mediante arcos electrónicos funden y refinan el acero. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

3.3.1.1.3. Conformación del acero para construir los productos.

Luego de fundido el acero se utilizan se grandes bloques de acero o lingotes para moldear el acero, también se suele utilizar una colada continua para moldear el acero de la forma deseada, este método es mucho más eficiente que el método de lingotes ya que estos deben recalentarse antes de dar la forma deseada al acero. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

3.3.1.2. Ventajas y desventajas del uso del acero

Entre las ventajas que tenemos de usar acero en las obras civiles podemos nombrar las siguientes:

- Alta resistencia y bajo peso.
- Las propiedades del concreto no tienen gran cambio con el tiempo, a diferencia del hormigón. (McCORMAC & CSERNAK, 2013)
- Es capaz de soportar esfuerzos grandes con grandes deformaciones.
- El acero puede durar indefinidamente si se lo sabe mantener adecuadamente. (McCORMAC & CSERNAK, 2013)
- El acero tiene una gran ductilidad, por lo tanto soporta grandes deformaciones. (McCORMAC & CSERNAK, 2013)
- Posibilidad de prefabricar miembros de acero y unirlos. (McCORMAC & CSERNAK, 2013)

Entre las desventajas del acero para el uso en edificaciones podemos mencionar

- Los aceros al estar expuestos al aire y al agua tienden a sufrir el fenómeno conocido como corrosión. (McCORMAC & CSERNAK, 2013)
- En varios países como el nuestro el costo de construir con acero puede ser más elevado que con hormigón. (McCORMAC & CSERNAK, 2013)
- Si el acero se somete a constantes inversiones de esfuerzo es muy propenso a sufrir fatiga. (McCORMAC & CSERNAK, 2013)

3.3.1.3. Acero estructural: Perfiles y especificaciones.

El acero estructural es empleado para diversos tipos de elementos estructurales tales como columnas, vigas, bastidores, armazones y otras aplicaciones estructurales, existen algunas asociaciones que desarrollan especificaciones para cada tipo de acero estructural, de las cuales podemos mencionar: (SAE, Society of Automotive Engineers), (AISI, American Iron and Steel Institute) y (ASTM, American Society for Testing and Materials), las normas SAE y AISI implantaron el sistema de designación más utilizado, sin embargo las normas ASTM designan los materiales y productos más utilizados en el diseño, los nombres de especificación de la ASTM van seguidos por una letra A para

materiales ferrosos seguido de un número asignado secuencialmente. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

Según las normas ASTM podemos clasificar al acero de la siguiente manera:

- ***Aceros al carbono***
  Este tipo de acero tiene como principales elementos de resistencia al carbono y al manganeso en los siguientes porcentajes: 1.7% de carbono, 1,65% de manganeso y 0,60% de cobre, estos aceros se pueden a su vez clasificar en acero de bajo contenido de carbono (<15% de carbono), acero dulce (0,15% a 0,29% de carbono), acero medio al carbono (0,30% a 0,59% de carbono) y acero con alto contenido de carbono (0,60% a 1,70% de carbono). (McCORMAC & CSERNAK, 2013)
- ***Aceros con alta resistencia y baja aleación***
  Estos aceros obtienen sus altas resistencias por la adición de elementos como el columbio, vanadio, cromo y níquel, estos aceros generan una resistencia mayor a la corrosión que los aceros al carbono, estos aceros generalmente tienen esfuerzos de fluencia de 40klb/plg2 a 70klb/plg2 o 2812,27 kg/cm2 a 4921,49 kg/cm2. (McCORMAC & CSERNAK, 2013)
- ***Aceros estructurales con alta resistencia, baja aleación y resistentes a la corrosión atmosférica***
  A estos tipos de aceros se les añade un porcentaje pequeño de cobre que los vuelve más resistentes a la corrosión, esta película de cobre impide la oxidación del material, por lo tanto es menos común el uso de pintura corrosiva en este tipo de aceros. (McCORMAC & CSERNAK, 2013)
  A continuación se presenta la utilización de cada uno de los aceros según el tipo de perfil, también se denotan los esfuerzos de fluencia y esfuerzos de tracción último de cada tipo de perfil.

TABLA No 3.20.
TIPOS DE ACEROS Y PERFILES USADOS PARA CADA UNO

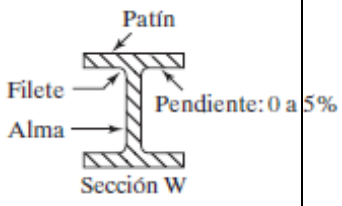
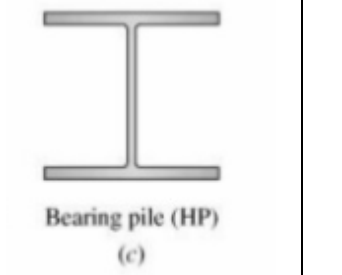
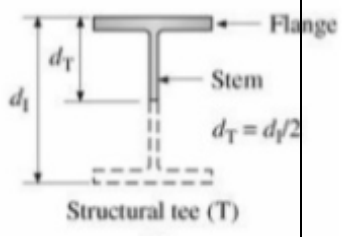
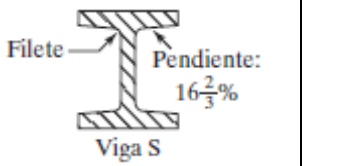
Tipo de acero	Designación ASTM		Formas estructurales aplicables									
			W	M	S	HP	C	MC	L	HSS Recto	HSS Redonda	Conducto acero
Carbono	A36		■	■	■	■	■	■	■			
	A53 Gr. B											■
		Gr. B-42									■	
	A500	Gr. B-46								■		
		Gr. C-46									▒	
		Gr. C-50								▒		
	A501									▒	▒	
	A529	Gr. 50	▒	▒	▒	▒	▒	▒	▒			
		Gr. 55	▒	▒	▒	▒	▒	▒	▒			
Alta resistencia, baja aleación		Gr. 42	▒	▒	▒	▒	▒	▒	▒			
		Gr. 50	▒	▒	▒	▒	▒	▒	▒			
	A572	Gr. 55	▒	▒	▒	▒	▒	▒	▒			
		Gr. 60	▒	▒	▒	▒	▒	▒	▒			
		Gr. 65	▒	▒	▒	▒	▒	▒	▒			
	A618	Gr. I&II								▒	▒	
		Gr. III								▒	▒	
	A913	50	▒	▒	▒	▒	▒	▒	▒			
		65	▒	▒	▒	▒	▒	▒	▒			
	A992		■									
Resistente a la, corrosión, alta resistencia, baja aleación	A242	50	▒	▒	▒	▒	▒	▒	▒			
	A588		▒	▒	▒	▒	▒	▒	▒			
	A847									▒	▒	

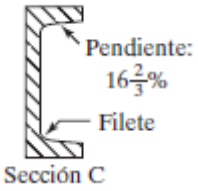
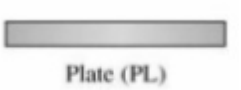
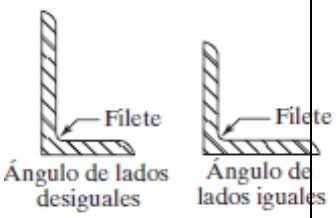
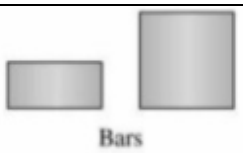
FUENTE: (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

3.3.1.3.1. Perfiles

Existen varias formas de secciones transversales que se aplican en usos estructurales los cuales los mencionamos a continuación.

TABLA No 3.21.
TIPOS DE PERFILES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

TIPOS DE PERFIL		
PERFIL	DESCRIPCIÓN	FIGURA
W	• Doblemente paralelos y con patines anchos paralelos. • Es común su uso en vigas de edificios y puentes, también se usan en columnas.	 Figura 3.51. Perfil tipo W FUENTE: (McCORMAC & CSERNAK, 2013)
HP	• Doblemente simétricas con patines y alma del mismo espesor, con misma altura que los perfiles w. • Es común su uso en vigas de edificios y puentes, también se usan en columnas. • Usados también como pilotes.	 Figura 3.52. Perfil tipo HP FUENTE: (VINNAKOTA, 2016)
T	• Se fabrican en forma de W, S y M, denominándose WT, ST y MT. • Se suelen usar como miembros de arrostramientos diagonal y como cuerdas de armadura.	 Figura 3.53. Perfil tipo T FUENTE: (VINNAKOTA, 2016)
S	• Doblemente simétricas con las superficies interiores de los patines con pendiente de 16,67%. • Por su excesivo material se ha abandonado su uso. • Se usa generalmente como vigas de edificios y puentes.	 Figura 3.54. Perfil tipo S FUENTE: (McCORMAC & CSERNAK, 2013)

C	• Acanalamientos cuyas superficies internas de los patines tienen pendiente de 16.67%. • Se usan como tirantes de escaleras, largueros, miembros diagonales y correas para la conformación de cubiertas.	 Figura 3.55. Perfil tipo C FUENTE: (McCORMAC & CSERNAK, 2013)
PL	• Se denomina placa si su ancho es mayor a 8 pulgadas. • Se suelen usar de apoyos de columnas, usos industriales, entre otros.	 Figura 3.56. Placa PL FUENTE: (VINNAKOTA, 2016)
L	• Son perfiles de formas angulares cuyos patines pueden ser iguales o no. • Tienen espesores de patines iguales. • Su uso fundamental es en miembros sometidos a tensión como cerchas, diagonales de cubiertas y elementos de torres de transmisión.	 Figura 3.57. Ángulos L FUENTE: (McCORMAC & CSERNAK, 2013)
Barras	• De forma plana con ancho no mayor a 8 pulgadas. • Sirven de apoyo para el montaje de elementos estructurales	 Figura 3.58. Barras FUENTE: (VINNAKOTA, 2016)
HSS	• Son secciones huecas en forma cuadrada, rectangular o circular. • Son usados como conductos, columnas por su buen trabajo a solicitaciones de torsión.	 Figura 3.59. Sección en cajón HSS FUENTE: (McCORMAC & CSERNAK, 2013)

FUENTE 1: (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

FUENTE 2: (VINNAKOTA, 2016)

Los perfiles se designan mediante sus letras identificativas separados por un signo X, y por dimensiones o peso propios del perfil, por ejemplo un perfil W 44x335, indica que se trata de un perfil tipo w, con una altura nominal de 44 pulgadas y peso lineal de 336 lb/pie, a los ángulos L se los identifica por su espesor y las dimensiones del patín. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

3.3.1.4. Productos de conexión

Entre algunos elementos de conexión de miembros estructurales podemos mencionar los siguientes:

- Pernos
- Tuercas
- Arandelas
- Varillas de anclaje
- Varillas roscadas
- Remaches

Sin embargo las conexiones estructurales más utilizadas son las remachadas, empernadas y soldadas, el uso de remaches actualmente ha quedado obsoleto siendo la soldadura y empernado los métodos de conexión más utilizados.

Dentro de las conexiones con pernos los más utilizados son los pernos de alta resistencia que tienen una resistencia a la tracción superior a 100000psi, utilizados generalmente en la unión viga- columna de edificaciones de gran magnitud, el uso de pernos comunes con resistencia a la tracción de 60000 psi se usan en conexiones de obras de menor magnitud. Generalmente las conexiones con pernos se realizan por impacto golpeando con una llave de impacto los pernos para ajustarlos, pretensionando aplicando un esfuerzo de tracción en el perno y un esfuerzo de compresión en los elementos conectados y finalmente el antideslizamiento que se lo puede realizar por vuelta de tuerca y llave calibrada. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)



Figura 3.60. Conexión empernada.

FUENTE: (Trujillo, 2016)

3.3.1.5. Acero de refuerzo

Como se mencionó anteriormente el hormigón no tiene una buena resistencia a la tracción, por ende es necesario el uso de acero de refuerzo en elementos de hormigón bajo solicitaciones de tracción como elementos a flexión y flexocompresión; las armaduras más utilizadas son las barras de acero liso, barras de acero corrugado y mallas de acero liso y corrugado. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

3.3.1.5.1. Acero liso

Este acero es redondo y sin deformaciones, no proporcionan una adecuada adherencia entre la armadura y el hormigón, por ende no se suelen usar en elementos sometidos a flexión o esfuerzos axiales, sin embargo el acero liso se puede usar como espirales de columnas circulares, que actúan bastante bien bajo esfuerzos de flexocompresión. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

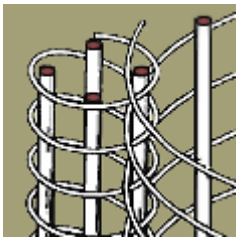


Figura 3.61. Armadura en espiral para columna circular

FUENTE: (todoconstrucciones, 2018)

3.3.1.5.2. Acero corrugado

Es un alambre obtenido por trefilado que presenta deformaciones entrantes y salientes con el objeto de aumentar la adherencia entre el acero y el hormigón, este acero es el que comúnmente se utiliza como refuerzo longitudinal y transversal de elementos como columnas, vigas, losas, entre otros. (INEN 1511, 2011)



Figura 3.62. Varilla de acero corrugado

FUENTE: (gpacero.es, 2018)

3.3.1.5.3. Mallas de alambre

Son hojas planas en la que los alambres se entrecruzan en ángulos rectos, las mallas de alambre liso se anclan en el hormigón en las intersecciones soldadas, mientras que en las mallas de alambre corrugado se anclan por las deformaciones en la superficie y en las interconexiones soldadas, se suelen utilizar en algunas losas y pavimentos de hormigón. (INEN 1511, 2011)

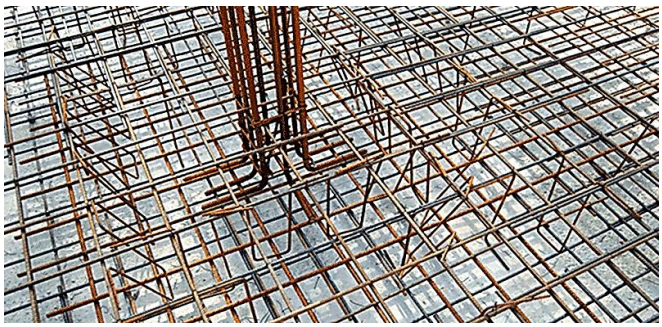


Figura 3.63. Malla de alambre de acero en losa de cimentación

FUENTE: (mallasomnia.com, 2018)

3.3.1.5.4. Especificaciones para acero de refuerzo

Dentro de las especificaciones utilizadas en el Ecuador para el uso de acero de refuerzo como armadura podemos mencionar las siguientes:

- El acero corrugado debe tener un fy> 4200 kg/cm2 ((NEC), 2015)
- El diámetro nominal del acero de refuerzo debe estar comprendido en los siguientes rangos.

TABLA No 3.22.
DIÁMETROS MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE VARILLAS USADAS EN LA CONSTRUCCIÓN

TIPO	DIÁMETRO MÍNIMO DE BARRA db	DIÁMETRO MÁXIMO DE BARRA db
Barras corrugadas	8mm	36mm
Alambre para mallas	4mm	10mm
Estribos	10mm	16mm

FUENTE: ((NEC), 2015)

- El acero será distribuido en tramos largos de 6 m, 9 m y 12 m. ((NEC), 2015)
- Las corrugaciones del alambre deben tener tamaño y forma iguales y estar espaciadas de una forma uniforme. ((NEC), 2015)
- La resistencia a la tracción de las varillas de acero de refuerzo debe estar entre los siguientes rangos. ((NEC), 2015)

TABLA No 3.23.
PROPIEDADES DE LA TRACCIÓN PARA VARILLAS USADAS EN LA CONSTRUCCIÓN

Grado	Límite elástico nominal mínimo (Re) MPa	Resistencia a la tracción mínimo (Rg)[a] MPa	Alargamiento mínimo De rotula (%): lo = 10 d
45	440	470	6
50	490	540	5
60	588	640	4
[a] Para ensayos con un valor de Rg mayor que 690 MPa, la reducción de área no debe ser menor del 25 % en el caso de ser alambres lisos.			

FUENTE: (INEN 1511, 2011)

- El acero de refuerzo debe estar libre de capas de corrosión o irregularidades en la superficie extras al corrugamiento. (INEN 1511, 2011)

3.3.2. Uso del acero en la construcción Quiteña

Después de que en Quito se comenzara a construir con hormigón de cemento Portland, se comenzó a importar la materia prima para producir acero y utilizarlo como refuerzo en las edificaciones construidas con hormigón armado. Según el uso del acero se fue masificando a nivel nacional, la utilización de este material se fue diversificando como el uso de perfiles estructurales para cubiertas mega obras como estadios, coliseos, entre otros.



Figura 3.64. Coliseo Rumiñahui con estructura metálica armada con perfiles de acero.

FUENTE: (estadios.org, 2018)

Pero sin embargo el uso del hormigón armado en las edificaciones de la ciudad de Quito era innegable en todos sus elementos estructurales como columnas, vigas y losas, sin embargo a partir de los años 60, se comenzó con la importación de perfiles estructurales para el uso en elementos estructurales de edificaciones. Actualmente en la ciudad de Quito se ha incrementado el número de edificaciones construidas con acero estructural, más que todo por la facilidad de montaje y el tiempo de construcción.

Sin embargo la construcción con acero estructural en edificaciones ha identificado dos problemas principales para masificar el acero estructural como elementos estructurales de edificaciones, los cuales nombramos a continuación:

- Falta de mano de obra especializada para el montaje y las conexiones de los miembros estructurales.
- Mayor costo por costo de producción y adquisición de los perfiles estructurales.



Figura 3.65. Construcción de edificio de UNASUR con volado de estructura metálica.

FUENTE: (pinterest.es, 2016)

Actualmente en el Ecuador se importa la materia prima del acero de países como: Brasil, Argentina, México y EEUU, y la conformación del acero para los distintos usos se los realiza en Ecuador, en los últimos la demanda de acero en el país ha crecido hasta las 800000 toneladas por año, sin embargo el nivel de producción ha disminuido en un 21% debido al costo de importación, sin embargo las empresas líderes en la fabricación y

distribución de acero del país están ideando un proceso de reciclaje de chatarra de acero para disminuir el costo de producción. (Andes, 2013)

Podríamos decir que el uso del acero en obras civiles en Quito se lo puede ordenar descendentemente de la siguiente manera:

1. Armadura para hormigón armado
2. Elementos estructurales en edificaciones
3. Elementos estructurales en puentes
4. Elementos de cubiertas
5. Elementos de conexiones y de ayuda para montaje
6. Artículos de ferretería

3.3.3. Propiedades físicas y mecánicas del acero

3.3.3.1. Propiedades físicas

Las propiedades del acero lo vuelven un material efectivo para su uso en la construcción tanto como elemento estructural como armadura de hormigón. A continuación se presentaran algunas de las propiedades físicas más importantes del acero:

- El acero tiene propiedades eléctricas y magnéticas. (ALACERO, 2015)
- Tiene una densidad media de 7850 kg/m3. (ALACERO, 2015)
- Según la temperatura se puede contraer, fundir o dilatar. (ALACERO, 2015)
- Su punto de fusión depende de la aleación y es aproximadamente 1375 ºC. (ALACERO, 2015)
- Tiene un punto de ebullición de 3000ºC. (ALACERO, 2015)

3.3.3.2. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas del acero dependen de la composición del acero y del tipo de aleación, para ello se procederá a explicar la relación esfuerzo-deformación del acero que denota la resistencia del mismo.

- ***Relación esfuerzo deformación***

  La curva esfuerzo- deformación típica del acero se muestra a continuación.

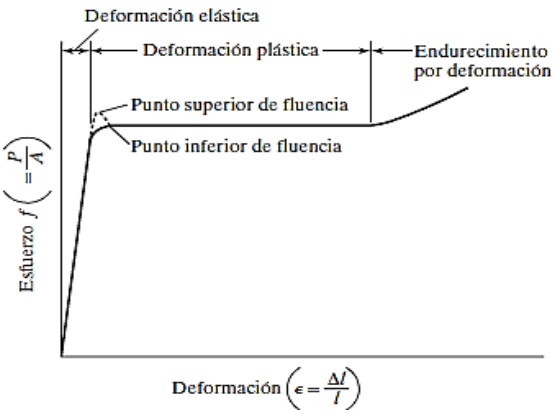


Figura 3.66. Relación esfuerzo-deformación del acero
FUENTE: (McCORMAC & CSERNAK, 2013)

Cabe destacar que la deformación elástica es aquella deformación máxima en la cual el material puede recuperar su estado inicial, el esfuerzo de fluencia es aquel punto en el cual existe un incremento de deformación brusco sin un incremento de esfuerzo, esta característica es muy importante ya que muchos de los diseños en acero se realizan con el esfuerzo de fluencia, es el único punto donde la tangente a la curva se vuelve horizontal, la deformación plástica viene seguida del punto de fluencia, esta deformación es 10 o 15 veces la deformación elástica y es una deformación permanente, se debe tomar en cuenta que la fluencia del acero sin esfuerzo es una característica importante para el control de fallas de miembros estructurales de acero. (McCORMAC & CSERNAK, 2013)
Finalmente el endurecimiento por deformación es un estado del acero donde se necesita un esfuerzo adicional, actualmente este dato no es utilizado por considerar deformaciones grandes. (McCORMAC & CSERNAK, 2013)
Podemos también mencionar otros datos correspondientes a la resistencia del acero los cuales son:

- ***Módulo de elasticidad***: Pendiente de la región elástica de la curva esfuerzo deformación, es prácticamente igual para todos los aceros y es 200000 Mpa. (VALENCIA, 2006)
- ***Módulo de endurecimiento por deformación***: Pendiente del tramo de la curva de endurecimiento por deformación, su magnitud es diferente según el tipo de acero. (VALENCIA, 2006)
- ***Relación de Poisson***: Relación entre la deformación unitaria transversal y longitudinal, el valor oscila entre 0.25 y 0.33, siendo comúnmente usado 0.30. (VALENCIA, 2006)
- ***Módulo de rigidez***: Relación entre el esfuerzo cortante y la deformación unitaria por cortante dentro del rango elástico, generalmente se utiliza un valor de G= 77000 Mpa. (VALENCIA, 2006)

Como se ha mencionado en muchas de las características mencionadas, estas dependen en muchos de sus casos del tipo de acero, a continuación se presentara la curva esfuerzo- deformación para distintos tipos de acero según el contenido de carbono.

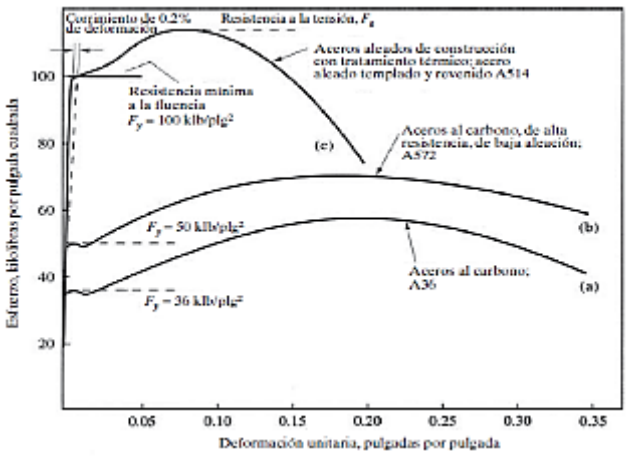


Figura 3.67. Relación esfuerzo-deformación para algunos tipos de aceros

FUENTE: (McCORMAC & CSERNAK, 2013)

De la gráfica presentada podemos notar que según se gana resistencia a la fluencia el acero se vuelve menos dúctil, por lo tanto tiene menos capacidad de deformarse.

De la capacidad de deformarse el acero bajo esfuerzos aplicados podemos mencionar otras características mecánicas derivadas las cuales son:

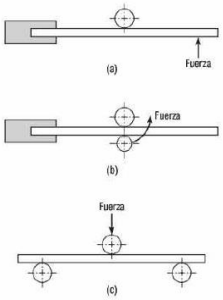
- ***Ductilidad:*** Es la capacidad del acero para sufrir grandes deformaciones sin esfuerzos de tracción altos, que permite fallas prematuras en estructuras. (McCORMAC & CSERNAK, 2013)
- ***Tenacidad***: Es la capacidad del acero de absorber gran cantidad de energía, por lo tanto grandes esfuerzos con grandes deformaciones. (McCORMAC & CSERNAK, 2013)
- ***Fatiga***: Si el acero se somete a grandes inversiones de esfuerzo sobretodo de tensión, puede llegar a la falla con gran facilidad. (McCORMAC & CSERNAK, 2013)
- ***Fractura frágil***: Como se sabe la falla típica del acero es dúctil, sin embargo bajo concentración de esfuerzos que producen fatiga y bajas temperaturas, el acero puede perder ductilidad y producirse una falla frágil. (McCORMAC & CSERNAK, 2013)

3.3.3.3. Pruebas en acero

Existen varias pruebas para medir la resistencia del acero, sobretodo el usado para hormigón armado, aunque el análisis patológico que se va a realizar en el presente trabajo se encuentra orientado más a la corrosión del acero, es importante mencionar los ensayos principales en acero y que se muestran a continuación.

TABLA No 3.24.
ENSAYOS EN VARILLAS DE ACERO

ENSAYOS EN ACERO		
ENSAYO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Pruebas de tensión	• Determina la resistencia de fluencia. • Determina la resistencia a la fractura por tensión. • Se pueden usar perfiles, placas y varillas. • La probeta debe situarse en el centro del cabezal de la máquina de prueba. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)	 Figura 3.68. Ensayo de tensión en varilla corrugada. FUENTE: (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

Prueba de torsión	• Mide el módulo de rigidez del acero. • Se mide la intensidad del par aplicado y el ángulo correspondiente de torsión. • Se usan probetas cilíndricas y tubulares. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)	 Figura 3.69. Ensayo de torsión en varilla corrugada. FUENTE: (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)
Prueba de impacto	• Se usa el péndulo de charpy, tal como se muestra en la figura. • Mide la tenacidad del material. • Se usan probetas de 55x10x10mm. • Se mide la expansión lateral después del ensayo. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)	 Figura 3.70. Ensayo de impacto en acero. FUENTE: (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)
Prueba de flexión	• Mide la ductilidad del acero para solicitaciones de flexión. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009) • La prueba se realiza aplicando una fuerza transversal en la probeta que normalmente es en su centro. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009) • La fuerza puede estar aplicada en las posiciones y con los apoyos que se muestran en la figura. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)	 Figura 3.71. Ensayo de flexión en acero. FUENTE: (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

FUENTE: (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

3.3.4. Patologías del acero

3.3.4.1. Oxidación y Corrosión

El acero al ser un material bastante usado en la construcción esta propenso al igual que los demás materiales de construcción a sufrir degradaciones tanto de carácter físico, mecánico y químico, en el presente trabajo nos enfocaremos en el fenómeno más común de degradación del acero que es la corrosión, sin embargo se debe mencionar que errores en el diseño de los elementos

estructurales de acero y de sus respectivas conexiones pueden llevar a que las edificaciones tengan fallas estructurales que pueden llegar al colapso. (Broto, 2005)

Tanto la oxidación y la corrosión es la destrucción química de la superficie de un metal por la interacción por agentes externos, se va a diferenciar estos dos procesos patológicos que son consecutivos, haciendo mayor énfasis en el proceso corrosivo. (Broto, 2005)

3.3.4.1.1. Oxidación

Es el proceso químico mediante el cual la superficie del acero reacciona con el aire del ambiente y se vuelve óxido, esto se debe a que el acero es un metal inestable y tiende a volverse óxido para volverse estable, es básicamente el proceso del acero a volver a su estado natural. En la mayoría de los metales en el proceso de oxidación se forma una película protectora que no permite que el proceso de oxidación supere la superficie, sin embargo esto no sucede con el hierro del cual está formado el acero, ya que este produce óxido férrico que es poroso y no permite la correcta adherencia de la película protectora al metal, esto permite el paso de agua y suciedad que permite el avance de la oxidación y la futura corrosión, la oxidación es una lesión de fácil prevención y reparación, cuya parte negativa es la desagradable apariencia de los elementos afectados. (Broto, 2005)



Figura 3.72. Oxidación de placa metálica
FUENTE: (dearkitectura.blogspot, 2011)

3.3.4.1.2. Corrosión

La corrosión es denominada también como oxidación electrolítica debido a que se debe a una reacción química con paso de corriente eléctrica, a diferencia de la oxidación este fenómeno no solo afecta a la superficie, sino también a la estructura interna del acero que continua hasta la destrucción de este, ya que es un fenómeno de carácter eléctrico debe existir una ánodo, un cátodo y un electrolito que es el fluido conductor, que generalmente es el agua. (Broto, 2005)

Es importante destacar que el elemento corroído ocupa más espacio que el elemento antes de ser corroído, ya que el acero produce óxido de hierro, por ende si el acero se encuentra dentro de otro material como el hormigón armado suele producir fisuras y grietas.

3.3.4.2. Factores que influyen a la corrosión del acero.

Para analizar qué factores influyen en la corrosión del acero se ha clasificado la afectación de este fenómeno según el grado de exposición del acero de la siguiente manera:

- Acero expuesto.

- Acero con recubrimiento de otro material.

3.3.4.2.1. Acero expuesto

Dentro de esta categoría se incluye el acero estructural expuesto como vigas y columnas de edificaciones, puentes, entre otros. También se incluyen elementos de conexión, los factores de corrosión más comunes en acero expuesto son los siguientes:

- ***Agua***

  Si el acero está expuesto a aguas con contaminantes como iones de calcio y magnesio, así como la presencia de aguas ácidas o alcaninas con alto contenido de cloruros.

  La humedad también es un factor predominante en el fenómeno de corrosión ya que el agua que se filtra por elemento de acero hace posible el fenómeno electrolítico. (Broto, 2005)

- ***Ácidos***

  Provenientes en muchos casos del agua lluvias, los baños de aguas lluvias pueden provocar una corrosión crítica con capacidad de perforar el acero. (Broto, 2005)

- ***Sales***

  Aunque en muchos casos las sales ayudan a generar una película protectora, si el acero se encuentra expuesto a sales inorgánicas puede verse afectado por procesos corrosivos. (Broto, 2005)

- ***Terreno***

  Si el terreno donde se encuentra implantada la estructura, tiene altas humedades producidas por un nivel freático alto, o el suelo se encuentra contaminado, puede afectar elementos de acero en la cimentación y otros elementos de la estructura. (Broto, 2005)

- ***Clima***

  El clima es un factor predominante en el proceso de corrosión, en ambientes muy húmedos con una humedad relativa promedio entre 40% y 50 %, favorece el proceso corrosivo ya que se permite el mecanismo electroquímico, sin embargo si el clima es muy seco con humedades entre 20% y 30%, el hierro del acero puede reaccionar con gases y vapores agresivos que puede generar corrosión. (Broto, 2005)

- ***Factores de construcción y diseño***

  Cualquier elemento constructivo capaz de acumular agua, y que se encuentre realizado con acero puede estar altamente propenso a sufrir corrosión, por ende es adecuado que los elementos de la estructura tengan la inclinación suficiente para el desfogue del agua. (Broto, 2005)

3.3.4.2.2. Acero con recubrimiento de otro material

En esta sección nos referiremos específicamente al acero de refuerzo embebido en el hormigón, que también puede sufrir procesos corrosivos gracias a los siguientes factores:

- ***Alcalinidad***

  Cuando el concreto reacciona con sustancias ácidas del medio ambiente se produce la reacción de carbonatación y disminuye la alcalinidad del concreto, aumentando la corrosión del acero de refuerzo. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)
- ***Cloruros***

  Si el concreto armado se encuentra expuesto cloruros de agua del mar o sales de deshielo, pueden existir picaduras por ataque de cloruros que rompen la capa protectora del acero de refuerzo, iniciando el proceso de corrosión electroquímica, por eso es importante considerar los procesos de humedecimiento y secado con agua con cloruros para el diseño del concreto. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)
- ***Permeabilidad del recubrimiento***

  El concreto es altamente permeable si la relación agua-cemento es alta, por compactación deficiente y presencia de segregación, mientras más poros se tengan en el concreto mayores moléculas de CO2, O2 y H2O pueden ingresar al interior del concreto produciéndose corrosión del acero. Es claro también que el proceso se puede acelerar si la humedad ambiental es alta. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)
- ***Espesor del recubrimiento***

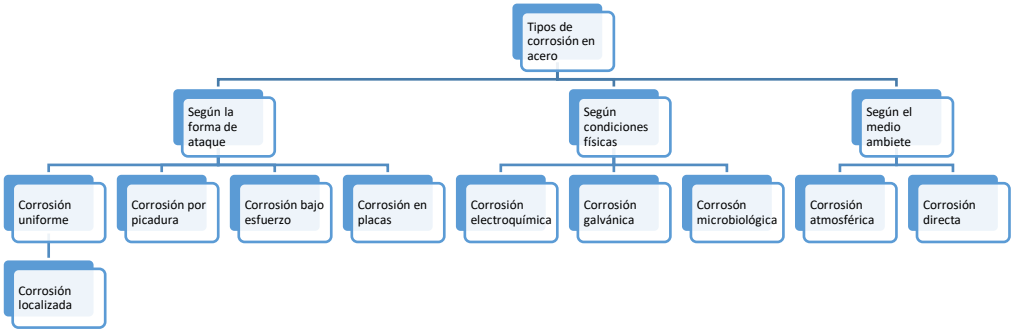
  El espesor del recubrimiento es proporcional al déficit de corrosión de la armadura del hormigón, por lo tanto a mayor espesor menor posibilidad de corrosión existirá, y por lo tanto mayor vida útil de la estructura, por ende se establece un valor mínimo de recubrimiento que es de 4cm. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)
- ***Despasivación del área de fisuras***

  La presencia de fisuras y grietas en el concreto permiten la inducción de oxígeno, cloruros y un frente de carbonatación, que permiten que se acelere el proceso de corrosión del acero de refuerzo. Se ha determinado que las fisuras transversales a la armadura son menos perjudiciales que las longitudinales, debido a que en la fisura transversal la corrosión queda confinada en una pequeña área superficial, mientras que en una fisura longitudinal el desprendimiento del recubrimiento es más común por lo que la corrosión es casi inevitable. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

3.3.4.3. Tipos de corrosión

A la corrosión la podemos clasificar según la forma de ataque, según las condiciones físicas de los metales afectados y según el medio ambiente en donde se encuentran los materiales afectados.

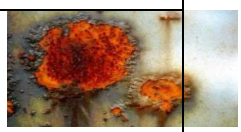
MAPA JERÁRQUICO 3.3.
TIPOS DE CORROSIÓN PRESENTADAS EN ACERO



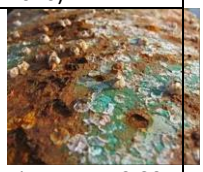
FUENTE 1: (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)
FUENTE 2: (Broto, 2005)

A continuación se presentará un cuadro donde se describirán cada uno de los tipos de corrosión y en qué condiciones del acero se presenta.

TABLA No 3.25.
TIPOS DE CORROSIÓN PRESENTADAS EN ACERO

Tipos de corrosión			
Tipo de corrosión	Descripción	Presencia	Imagen
Corrosión uniforme	. Pérdida total de la película protectora. . Se extiende sobre toda la superficie del acero. . Se produce por la acción de aguas puras o ácidas. . En el hormigón se puede producir por la lixiviación de la pasta de cemento.	.Hormigón armado. . Elementos Estructurales de acero expuestos a aguas lluvias o salinas.	 Figura 3.73. Corrosión uniforme en elemento de acero. FUENTE: (MATEIS-CORRIS, 2018)
Corrosión localizada	. Actúa solamente en determinadas áreas de superficies de acero. . Esto se debe al discontinuo paso de oxígeno. . Es común en acero de refuerzo con revestimiento epóxico.	. Hormigón armado . Elementos de acero estructural expuestos a ciclos de humedecimiento y secado.	 Figura 3.74. Corrosión localizada en placa metálica.

	. Sucede en zonas del acero expuestas como fisuras y grietas en el hormigón armado y zonas con diferentes humedades en el acero estructural.(Sánchez de Guzman,2002)	.Tuberías y accesorios de acero galvanizado.	FUENTE: (PEÑALOSA, 2017)
Corrosión por picadura	. Actúa en zonas aisladas de $1mm^2 o\ 2mm^2$ . . Avanza con rapidez al interior del acero. . Existe una rotura local de la película protectora. . Pueden presentarse por acumulación de iones de cloro, produciendo una lesión profunda que resulta ser perjudicial.	. Hormigón armado . Elementos de acero estructural expuestos a ciclos de humedecimiento y secado. .Tuberías y accesorios de acero galvanizado.	 Figura 3.75. Corrosión por picadura. FUENTE: (MATEIS-CORRIS, 2018)
Corrosión por resquicio	. Es la destrucción total de una zona del elemento afectado por corrosión por picadura. . Se puede producir por el contacto del acero con otro material.	. Se presenta en elementos afectados por picadura sin tratamiento. . Se presenta directamente en uniones, traslapes y roscadas.	 Figura 3.76. Corrosión por resquicio. FUENTE: (CHAVERO.A, 2008)
Corrosión bajo esfuerzo	. Se conjugan dos factores como son el esfuerzo de tracción y el medio agresivo. . Aparecen grietas y fisuras en dirección del esfuerzo de tensión. . Si la tensión es cíclica se denomina esfuerzo por fatiga. . La velocidad de propagación es de 2 o 3mm/año.	. Se presenta generalmente en hormigón pretensado. . Se presenta también en elementos de torres de transmisión.	 Figura 3.77. Corrosión bajo esfuerzo en tubería. FUENTE: (TRYTECH, 2016)
Corrosión electroquímica	. Surge cuando el acero se encuentra en un medio de conducción electrolítica como el agua. . La circulación de la corriente se da gracias a que los metales cuentan con electrones movibles y con un solo grado de libertad.	.Se puede presentar tanto en el acero estructural como en el acero de refuerzo.	 Figura 3.78. Corrosión electroquímica en puente. FUENTE: (PALOMA, 2013)

Corrosión galvánica	. Ocurre cuando existen dos metales diferentes embebidos en el mismo medio electrolítico. . Cuando dos metales se encuentran ante un medio agresivo. . En este tipo de corrosión existe en zonas donde la película pasivadora se ve afectada más que en otros lugares.	. Unión de elementos estructurales de acero de diferente aleación. . Hormigón armado expuesto a la acción de cloruros sulfatos a diferente nivel del elemento.	 Figura 3.79. Corrosión galvánica cerca de conexión. FUENTE: (Mcapdevila, 2016)
Corrosión microbiológica	. Fenómenos de corrosión producidos por microorganismos. . Inicia con la aparición de una película microbiana con un espesor aproximado de 250 µ. . El H_2SO_2 es el agente de biocorrosión más común.	Se puede producir en hormigón armado y acero estructural que se encuentren en lugares de alta humedad o ambientes con presencia de sulfatos	 Figura 3.80. Carpeta microbiológica en elemento de acero. FUENTE: (BALLABRIGA, 2016)
Corrosión directa	. Se localiza en aceros que se encuentran en lugares con altas temperaturas. . Se debe a la reacción entre meta les y gases como el O2. . Se puede presentar en cualquier punto de la superficie del acero, y tiene una característica homogénea. . La circulación de electrones como iones se produce en las películas de óxido. (Broto)	. Hormigón armado y elementos de acero sin recubrimiento anticorrosivo en ambientes secos.	 Figura 3.81. Corrosión Directa. FUENTE: (CASTILLO, 2015)
Corrosión atmosférica	. Corrosión del acero al estar en contacto con el aire a temperatura ambiente. . Se suele presentar en ambientes con humedad relativa mayor a 50%. . Forma películas húmedas que permite el mecanismo de corrosión. . Ciertos contaminantes como el cloro S y azufre S, suelen acelerar el proceso.	. Hormigón armado y elementos de acero sin recubrimiento anticorrosivo en ambientes húmedos.	 Figura 3.82. Corrosión de puente. FUENTE: (VALERIO, 2015)

FUENTE 1: (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

FUENTE 2: (Broto, 2005)

3.3.4.4. Efectos y soluciones a la corrosión

3.3.4.4.1. Efectos de la corrosión en acero estructural

- Desprendimiento de sectores de los elementos del acero estructural.
- Reducción de la capacidad mecánica del acero.
- Aspecto desagradable del elemento afectado.
- Puede afectar a los elementos de conexión como pernos y soldadura, facilitando la falla de la conexión.
- En ambientes húmedos o muy secos puede haber una destrucción total del elemento de acero.

3.3.4.4.2. Efectos de la corrosión en hormigón armado

- Expansión del acero de refuerzo. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)
- Fisuración interna del hormigón. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)
- Degradación de la capacidad mecánica del hormigón. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)
- Baja adherencia entre el hormigón y el acero de refuerzo. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)
- Reducción de la sección transversal del acero de refuerzo, disminuyendo la capacidad mecánica. (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2002)

3.3.4.4.3. Soluciones a la corrosión

- Evaluación del lugar y las condiciones del mismo donde se va a implantar el elemento de hormigón armado o acero estructural. (E-STRUC, 2015)
- En caso de detectar películas de oxidación se recomienda cepillar y limpiar el óxido superficial para que no se agrave el problema y tienda a la corrosión. (E-STRUC, 2015)
- Es preferible en todos los casos el uso de recubrimientos como pintura compuesta de zinc que aísla la humedad del metal.
- En caso de hormigón armado es recomendable utilizar impermeabilizantes, cemento apropiado para hormigón implantado en ambientes agresivos como el marino. (E-STRUC, 2015)
- Utilizar acero de refuerzo libre de óxido para no agravar el problema llegando a la corrosión. (E-STRUC, 2015)

3.4. MADERAS

3.4.1. Descripción del material

Aunque la utilización de la madera como elemento estructural ha disminuido, debido al ascenso en utilización del acero y el concreto; la madera se sigue utilizando en techos, armazones y soportales, actualmente se utiliza más en interiores de edificaciones mediante madera manufacturada como madera laminada, madera contrachapada y productos de aglomerados. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

Se denomina madera a la parte solida de los troncos de los árboles que se halla debajo de la corteza, tiene una estructura celular fibrosa, es ligera y con gran resistencia, dado que las fibras se encuentran longitudinalmente a lo largo del tronco, puede absorber mayores esfuerzos tanto de tracción, compresión y flexión en esta dirección que perpendicularmente a la fibra. (HEGGER, DREXLER, & ZEUMER, 2010)

3.4.1.1. Estructura de la madera

Las partes principales del tronco de donde se obtiene la madera son los siguientes:

- ***Corteza exterior***: Cubierta que protege al árbol de factores externos, que es formado por el tejido llamado floema que cuando muere se forma esta corteza. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)
- ***Corteza interior***: Esta corteza transporta el alimento que se elabora en las hojas hasta el tronco y raíces. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)
- ***Médula***: Se encuentra en el centro del tronco, siendo la parte más blanda de la madera, constituido por el tejido parenquimatico. (CEAC, 1983)
- ***Duramen***: Tiene la función de proporcionar resistencia para el soporte del árbol, compuesto de un tejido leñoso y con color más oscuro que el resto, los anillos anuales forman círculos concéntricos en él, y es lo propiamente utilizado en la construcción. (CEAC, 1983)
- ***Madera o xilema***: Parte maderable o leñosa del tronco, en ella se distingue la albura, duramen y médula. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)
- ***Albura***: Es la parte exterior del xilema cuya función es de transportar agua y sales minerales a la raíces a las hojas. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)
- ***Cambium***: Tejido que se encuentra en la corteza interior y la madera, esta capa es la que engendra la madera. (CEAC, 1983)
- ***Anillos de crecimiento***: Son capas de crecimiento con forma de circunferencia, en zonas templadas los anillos se encuentran bien definidos, según las condiciones climáticas los anillos pueden cambiar de forma y de color. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)
- ***Radios medulares***: Son líneas que cruzan desde el interior hasta el exterior del árbol, son líneas débiles de la madera, por ende durante el secado se producen grietas a lo largo de ellos y su ancho varía dependiendo de la especie. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

- ***Parénquima longitudinal***: Formado por tejido parenquimático y constituye parte del sistema longitudinal del tronco, tiene un color más claro que el tejido fibroso y ayuda a distinguir el tipo de especie, si las maderas tienen mayor contenido de parénquima longitudinal la resistencia mecánica es menor y con mayor posibilidad de verse afectado por hongos. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

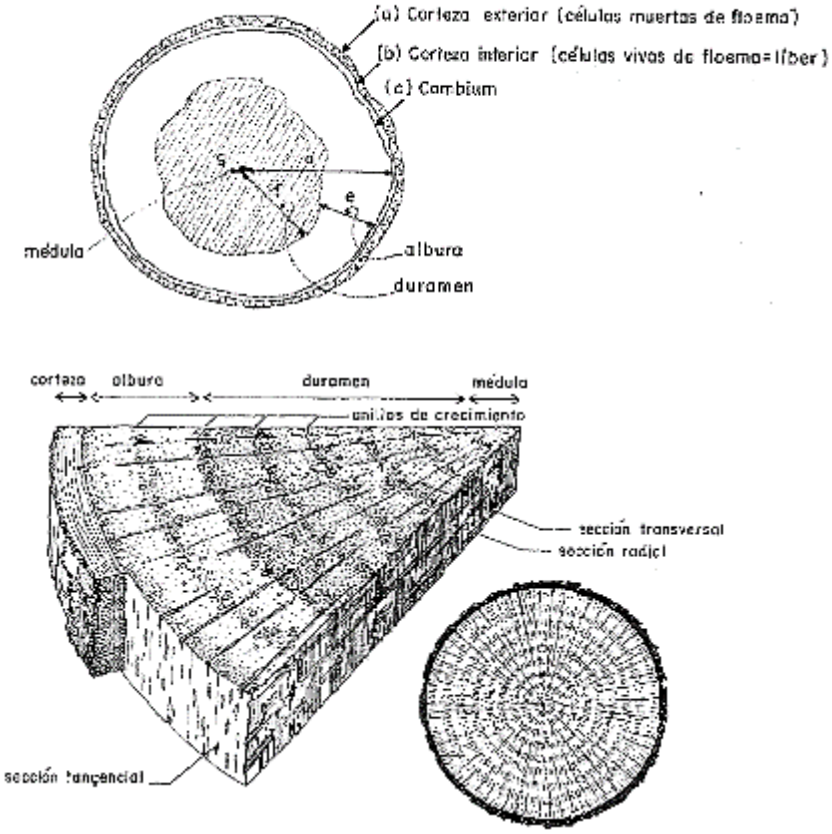


Figura 3.83. Estructura de la madera
FUENTE: (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

3.4.1.2. Producción de madera

La madera se recolecta en los bosques en forma de troncos, que se transportan a los aserraderos donde se cortan con las dimensiones requeridas para su uso en ingeniería. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

Podemos distinguir a la producción de la madera en cuatro categorías como son:

- ***Madera aserrada***

  Se trata de madera en estado natural sin ningún tipo de manufacturación, sus piezas aserradas tienen sus caras paralelas donde podemos destacar vigas de 4m a 10m de longitud y con secciones desde 15x20cm hasta 25x35cm, viguetas con longitudes de hasta 5m con secciones entre 8x8cm hasta 15x15cm (CEAC, 1983),tablones con grosor entre 50mm y 120mm, una anchura entre 150mm y 250mm con longitudes no mayor a 1m, tablas con grosor entre 18mm y 38mm, una

anchura entre 100mm y 250mm y longitudes superiores a 1m. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

El aserrado de la madera se obtiene en las siguientes fases: aserrado para dar forma a la madera, curado, labrado, clasificación y tratamiento de conservación. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

- ***Madera en rollo***
  Son piezas de madera redondeada, que se usan como pilotes o postes.
- ***Productos de madera manufacturados***
  Son productos obtenidos de la unión de virutas, chapas, tiras u otros tipos de fibras de madera para formar una sola unidad con mayores dimensiones, entre los productos manufacturados se incluyen: paneles estructurales, paneles contrachapados, tableros de tiras orientadas, paneles compuestos, madera laminada encolada y madera compuesta estructural. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)
- ***Otras aplicaciones***
  Aquí se incluyen elementos especiales para reducir el tiempo de construcción, como listones y elementos para encofrado

3.4.1.3. Corte en la madera

La madera puede ser cortada de tres maneras distintas como son tangente a los anillos de crecimiento o corte tangencial, perpendicularmente a los anillos o siguiendo la dirección de los radios obteniéndose un corte radial o en una dirección arbitraria u oblicua. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

Para producir madera de calidad estructural es conveniente aserrar las piezas en corte radial para reducir defectos por el secado, normalmente la madera radial o tangencial no es exactamente cortada paralelamente o perpendicularmente a los anillos de crecimiento, sin embargo se considera madera radial a aquella cuyos anillos hacen un ángulo entre 60 y 90° con la cara mayor, mientras tangencial a aquella cuyos anillos hacen un ángulo entre 0 y 30° y oblicua con un ángulo entre 30 y 60°. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

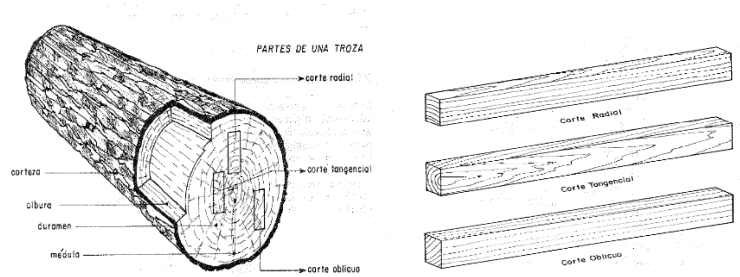


Figura 3.84. Corte en la madera.
FUENTE: (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

3.4.1.4. Maderas forestales en Ecuador y especificaciones para su uso en la construcción

Algunas de las maderas forestales que pueden ser comercializadas en Ecuador son las siguientes:

TABLA No 3.26.
MADERAS FORESTALES EN ECUADOR

Nombre Vulgar	NOMBRE CIENTIFICO		
	Género	Especie	Familia
Abano			
Acapu ahumado	Minquartia	guianensis	OLACACEAE
Acato			ESTERCULIACEAE
Achapo	Cedrelinga	catenaeformis	MIMOSACEAE
Aguacatillo	Beilschmedia	brasiliensis	LAURACEAE
Aguano			LAURACEAE
Alcanfor	Crytocaria	sp.	LAURACEAE
Algarrobo	Hymenea	parvifolia	CESALPINACEAE
Aliso			
Almendro	Arrygdalus	conmuris	AMIGDALACEAE
Amarillo			
Amarun			
Andiroba	Carapa	guianensis	MELIACEAE
Angoyura			
Anime	Protium	sp.	BURSERACEAE
Anzuelo			
Apachanana			
Arenillo blanco	Simarouba	amara	SIMAROUBACEAE
Arracacho	Clarisia	racemosa	MORACEAE
Balata	Minusops	balata	BOMBACEAE
Balsa	Ochoroma	lagopus	BOMBACACEAE
Bálsamo	Hymenaca	sp.	CAESALPINACEAE
Cabo de hacha	Aspidosperma	sp.	APOCYNACEAE
Cacao	Theabroma	sp.	STERCULIACEAE
Cachajo	Aniba	perutiles	LAURACEAE
Calun-calun			
Canelo	Endlicheria	sp.	LAURACEAE
Canelón	Nectandra	sp.	LAURACEAE
Caoba	Platymiscium	piruntum	LEGUMINACEAE
Capirona	Landembergia	sp.	RUMBIACEAE
Caracolí	Anacardium	Excelsum	ANACADIACEAE
Carguero negro	Couratari	stellata	LECYTHIDACEAE
Cashacara			
Catanga			
Cedro	Cedrella	fissilis	MELIACEAE
Cedro cebolla	Cedrela	angustifolia	MELIACEAE
Ceibo	Ceiba	pentandra	BOMBACACEAE
Coco	Virola	multinervia	MYRISTICACEAE
Colorado	Mauria	birringo	ANACARDIACEAE
Comino	Ocotea	costulata	LAURACEAE
Copa	Jacaranda	sp.	BIGNONACEAE
Copal	Dacryodes	sp.	BURSERACEAE
Costillo	Swartzia	sp.	CESALPINACEAE
Cruz Caspi	Brownea	sp.	CAESALPINACEAE
Cuchillo	Inga	sschimpttii	MIMOSACEAE
Chacacho			
Chalipo			
Challo			
Chanul			
Chaparro	Hyeronima	laxiflora	EUPHORBIACEAE
Guayacán	Tabebaria	chrysantha	BIGNONIACEAE
Guayguashi			
Guito			
Higuerón			
Intachi	Limira	sp.	RMBIACEAE
Ishpingo	Licaria	sp.	LAURACEAE
Itauba	Mezilaurus	itauba	LAURACEAE
Jigna	Virola	elongata	MYRISTICACEAE
Jodina (Huitoto)	Goupia	glabra	CELASTRACEAE
Juanzoco	Couma	macrocarpa	APOCYNACEAE
Kuddo (Huitoto)	Ambelania	guadrangularis	APOCYNACEAE
Kuinouvegui (Huitoto)	Erisma	japura	VOCHYSIACEAE
Lacre			
Laurel	Cordia	alliodora	BORAGINACEAE
Limón			
Machinga	Gustaria	sp.	LECYTHIDACEAE
Malva	Althea	officinalis	MALVACEAE
Mamito	Osteophloeum	platyspermum	MYRISTICACEAE
Mangle	Conociupus	creitus	COMBRETACEAE
Mascarey	Hyeronima	choceonsis	EUPHORBIACEAE
Matapalo			
Moral	Clarisia	racemosa	MORACEAE
Mulche	Ficus	sp.	MORACEAE
Mutilón	Iyeronima	macrocarpa	EUPHORBIACEAE

FUENTE: (DINARF, 2010)

A las diferentes maderas comercializables del Ecuador la NEC 2015 las ha clasificado en tres categorías en función de sus propiedades físicas y mecánicas de la siguiente manera

TABLA No 3.27.

CLASIFICACIÓN DE LAS MADERAS SEGÚN SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

Tipo	Densidad Básica	Flexión (Mpa)	Tracción Paralela(Mpa)	Compresión Paralela(Mpa)	Compresión Perpendicular (Mpa)	Corte Paralelo(Mpa)	Módulo de Elasticidad promedio(Mpa)
A	Entre 0.71 y 0.90	21	14.5	14.5	4	1.5	13000
B	Entre 0.56 y 0.70	15	10.5	11	2.8	1.2	10000
C	Entre 0.40 y 0.55	10	7.5	8	1.5	0.8	9000

FUENTE: (NEC, 2015)

Para la utilización de la madera en estructuras la NEC 2015 ha planteado algunas especificaciones que se muestran a continuación.

- Debe ser material de calidad estructural. (NEC, 2015)
- Debe corresponder a cualquiera de los tres grupos maderables indicados A, B o C. (NEC, 2015)
- Deben ser piezas de madera dimensionadas de acuerdo a las secciones más usuales. (NEC, 2015)
- Usar madera seca con contenido de humedad máxima del 19% o del 12% si se trata de madera laminada. (NEC, 2015)
- Los elementos metálicos de las uniones deberán llevar pintura anticorrosiva o protecciones con zinc. (NEC 2015)

3.4.2. Utilización de la madera en la construcción quiteña

La madera en Quito ha sido muy utilizada a través de los años, desde la época colonial la madera era utilizada en pisos de iglesias coloniales, algunos adornos y esculturas, actualmente la madera en Quito es utilizada como elemento estructural principalmente de cubiertas, de decoración, para muebles de hogar, para armar encofrados, para recubrimientos de pisos y fachadas. (MODENESE, 2015)

En Quito las maderas más utilizadas según su uso se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Elementos estructurales como vigas o columnas: Colorado, arenillo, moral y chanul.
- Tablas de encofrado: Laurel
- Tablas y tablones preparados: Seike y colorado
- Pingos, alfajías y cuartones: Eucalipto

En Quito los elementos estructurales como vigas y columnas se comercializan en con las siguientes dimensiones y precios.

TABLA No 3.28.

DIMENSIONES Y PRECIOS DE MADERAS ESTRUCTURALES UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN QUITEÑA

TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE MADERAS SÓLIDAS					
TIPOLOGÍA	DIMENSIONES			PRECIO	USOS
	[a] cm	[b] cm	[c] cm	[$/u]	
Viga (a)	13.5	6.5	300 - 700	$5.00*	Viga para cubierta o losa de entrepiso
Columna 1 (a)	13.5	13.5	300 - 700	$13.40*	Columna estructural
Columna 2 (a)	18	18	300 - 700	$26.00*	Columna estructural
* El precio de vigas, columnas y pingos es por metro lineal					

FUENTE: (MODENESE, 2015)

Para encofrados, amueblamientos, pisos, decoraciones y otros usos, las dimensiones y precios a los que usualmente se comercializan se muestran a continuación.

TABLA No 3.29.

DIMENSIONES Y PRECIOS DE MADERAS PARA ENCOFRADOS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN QUITEÑA

TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE MADERAS SÓLIDAS					
TIPOLOGÍA	DIMENSIONES			PRECIO	USOS
	[a] cm	[b] cm	[c] cm	[$/u]	
Tabla de encofrado (b)	22	2	240	$2.60	Armado de encofrados
Tabla preparada (b)	22	2	240	$10.00	Amueblamiento y decoración
Tablón rústico (c)	25	5.5	240	$7.80	Armado de encofrados y andamios
Tablón preparado (c)	23.5	4	240	$13.00	Amueblamiento, puertas y decoración
Tablero (d)	40	10	80	-	Armado de encofrados de losa
Alfanjía/ Cuartón	6	4	250	$8.30	Armado de encofrados
Listón/Tira	2	2	250	$2.10	Posa de tejas
Pingos (e)	Ø 9 - 14		400 - 700	$1.20*	Armado de encofrados de losa
* El precio de vigas, columnas y pingos es por metro lineal					

FUENTE: (MODENESE, 2015)

3.4.3. Propiedades físicas y mecánicas de la madera

3.4.3.1. Propiedades físicas

- ***Contenido de humedad***

  La madera contiene agua en tres formas que son el agua libre, agua higroscópica y agua de constitución, siendo el agua libre aquella retenida en las cavidades celulares, el agua higroscópica es el agua retenida en las paredes celulares, mientras que el agua de constitución es aquella que se encuentra integrando la estructura molecular de la madera. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

  Cuando se realiza el proceso de secado en la madera, primero se pierde el agua libre y luego el agua higroscópica, mientras que el agua de constitución no se pierde en el proceso.

El contenido de humedad es el porcentaje en peso que tiene el agua libre más el agua higroscópica, respecto al peso de la madera tan solo con agua de constitución. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

$$CH = \frac{Phúmedo - Pseco}{Pseco} \quad \text{Ec. 3.4}$$

El contenido de humedad se lo puede también obtener por medio de un higrómetro, o secando muestras cúbicas de madera de 5cm de arista.

- ***Cambios dimensionales***

  Cuando la humedad de la madera cambia considerablemente, sus dimensiones pueden también cambiar, la expansión o contracción de la madera se pueden dar en tres dimensiones, las cuales son: contracción tangencial, contracción radial y contracción longitudinal. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

- ***Densidad y peso específico***

  Se denomina densidad a la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo, en el caso de la madera, es claro que esta densidad depende del contenido de humedad, por ende se puede distinguir cuatro tipos de densidades como son: la densidad verde que es la relación entre la masa natural de la madera y su volumen a estado natural, la densidad seca al aire, la densidad anhidra con madera seca al horno y la densidad básica que es la relación entre el peso seco al horno y el volumen de la madera en estado natural o verde. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

  Podemos también distinguir a la densidad del peso específico, definiendo al peso específico como la relación entre el peso de la madera y el peso de volumen de agua desplazado por el volumen de la madera. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

- ***Expansión y conductividad térmica***

  La conductividad es la medida de cantidad de calor que fluye por un material, la madera es por excelencia un material aislante del calor, sin embargo la conductividad de la madera es proporcional al contenido de humedad, por ejemplo en muestras de madera con un contenido de humedad de 30% la conductividad eléctrica puede llegar a 0.20kcal/hora-metro-°C. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

- ***Conductividad eléctrica***

  Dado que el agua es un medio de conducción eléctrica ideal, la conductividad eléctrica de la madera se ve condicionada por el contenido de humedad, según esta propiedad la madera puede llegar a generar resistencias eléctricas desde 1 Megahoms hasta 10000 Megahoms, por ende la madera en estado seco se comporta como un material aislante. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

3.4.3.2. Propiedades mecánicas de la madera

- ***Resistencia a la compresión paralela a la fibra***

  La madera brinda gran resistencia en compresión paralela a la fibra, debido a que las fibras se encuentran orientadas en esa dirección y que coincide con las fibras de mayor espesor; la resistencia a esta solicitación depende del pandeo más no de la resistencia al aplastamiento de la madera.

  La resistencia a la compresión paralela a la fibra es importante en el análisis de columnas cortas de madera con esbeltez menor a 10, dado que en columnas esbeltas la capacidad depende mucho de la geometría del elemento y del pandeo lateral. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

El ensayo de compresión paralela a la fibra se realiza con probetas prismáticas de 5x5x20cm, con sus caras opuestas totalmente paralelas, la carga se orienta en dirección de las fibras de la madera de la siguiente manera. (ASTM D143, 2014)

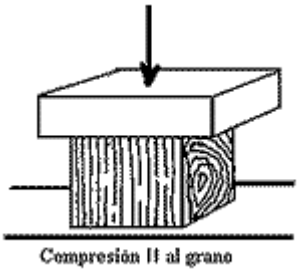


Figura 3.85. Aplicación de carga paralela a la fibra en madera.
FUENTE: (elconstructorcivil.com, 2012)

La resistencia a la compresión paralela a la fibra se calcula con la siguiente expresión.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{Ec. 3.5}$$

Donde P es la fuerza sometida a la probeta en kg

A es la sección de la probeta que soporta la carga en cm^2

Las posibles fallas que se pueden dar en este ensayo son las siguientes:

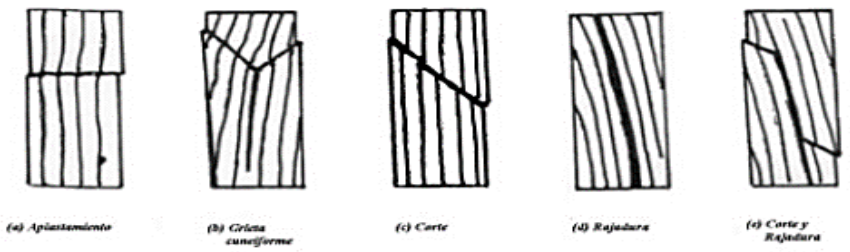


Figura 3.86. Fallas del ensayo de compresión paralela a la fibra FUENTE: (CABEZAS, 1985)

- ***Resistencia a la compresión perpendicular a la fibra***

  Ante este tipo de solicitación las fibras de la madera se encuentran sometidas a un esfuerzo perpendicular, y que comprime sus cavidades, por ende se puede cargar bajo esta solicitación sin obtener una falla claramente distinguible, mientras la muestra de madera se va comprimiendo, incrementa su resistencia y densidad; se puede decir que el esfuerzo al límite proporcional de la compresión perpendicular a la fibra de la madera varía entre ¼ hasta 1/5 del esfuerzo límite de la compresión paralela a la fibra. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

  El ensayo de compresión perpendicular a la fibra se realiza con prismas rectangulares de 5x5x15cm, y sus caras deben estar perfectamente paralelas y opuestas, la orientación de la carga debe orientarse tangencialmente a la probeta de la siguiente manera. (ASTM D143, 2014)

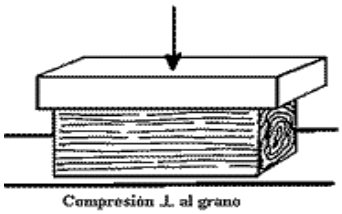


Figura 3.87. Aplicación de carga perpendicular a la fibra en madera.
FUENTE: (elconstructorcivil.com, 2012)

La resistencia a la compresión perpendicular a la fibra se calcula con la siguiente expresión.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{Ec.3.6.}$$

Donde P es la fuerza sometida a la probeta en kg

A es la sección de la probeta que soporta la carga en cm^2

- ***Resistencia a la tracción***

  La resistencia a la tracción es mayor a las otras dos solicitaciones tal como se muestra en la figura.

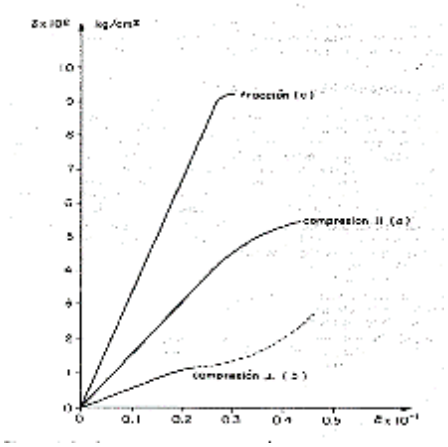


Figura 3.88. Relaciones esfuerzo-deformación bajo diferentes solicitaciones de carga
FUENTE: (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

Como se puede observar en la gráfica la falla en tensión de la madera es de naturaleza explosiva, y cuyo valor típico de esfuerzo máximo oscila entre 500 y 1500kg/cm2, si la carga de tensión se realiza con cierto ángulo de inclinación con respecto a las fibras de la madera la resistencia disminuye. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

Debido que en la presente investigación nos enfocaremos en ensayos de compresión en probetas de madera no se indagara en los requerimientos del ensayo de tracción en madera, sin embargo es importante mencionar que estos requerimientos se encuentran en la norma ASTM D143.

- ***Resistencia al corte***

  Esfuerzos de corte se presentan en elementos sometidos a flexión denominado corte por flexión, pero este esfuerzo de corte varía según la orientación de las fibras, por ejemplo la resistencia al corte paralelo a la fibra es menor a la resistencia al corte perpendicular a la fibra debido a la capacidad cementante de las fibras, en general esta resistencia varía entre 25 y 200kg/cm2. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

- ***Resistencia a la flexión***

  En vigas de madera la resistencia a la flexión se la puede analizar de la siguiente manera, dado que la resistencia a la compresión es menor que la resistencia a la tracción, la viga primero falla por compresión, luego el eje neutro se traslada a la zona en tracción y finalmente falla bajo esta solicitación, generalmente la resistencia a la flexión se calcula por métodos de análisis estructural, sin embargo se debe tomar en cuenta que en algunas maderas resaltan esfuerzos mayores de compresión que los de tracción y en algunas maderas secas no se presenta falla visible de compresión si no tan solo de tracción. Por efectos de simplificación la resistencia a la flexión se calculará con la siguiente expresión. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

  $$\sigma = \frac{M.C}{I} \quad \text{Ec. 3.7.}$$

  Donde C es la distancia del eje neutro a la fibra más alejada

  I es el momento de inercia de la sección alrededor del eje neutro

  M es el momento máximo de la sección bajo cada una de las cargas

  El ensayo de flexión se realiza con probetas de 5x5x75cm totalmente planas y con caras paralelas, los apoyos de la cama de flexión se colocan a 2.5cm de cada extremo de la viga, y la carga se aplica en la mitad de la distancia entre apoyos, tal como se muestra en la figura. (ASTM D143, 2014)



Figura 3.89. Ensayo de flexión
Elaborado por (PAZOS.C, 2018)

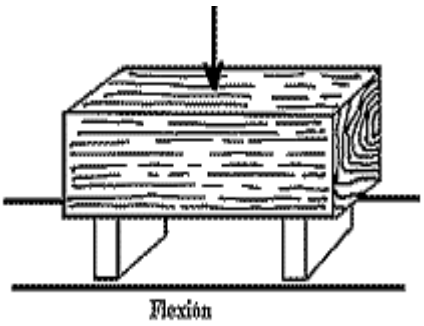


Figura 3.90. Carga aplicada en ensayo de flexión
FUENTE: (elconstructorcivil.com, 2012)

Las fallas en flexión más comunes son las siguientes:

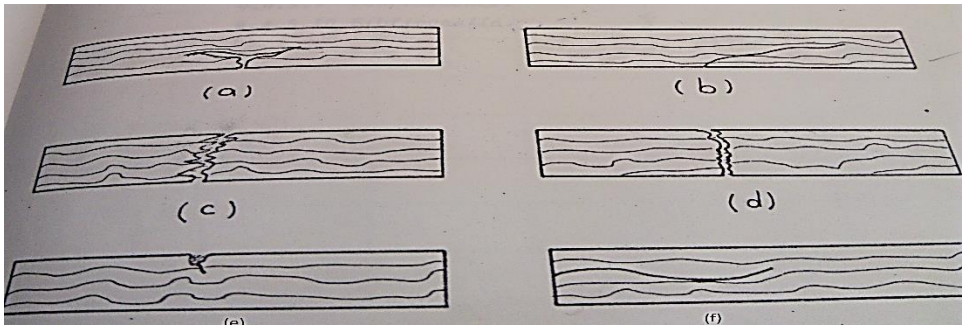


Figura 3.91. Fallas del ensayo de flexión en madera FUENTE: (CABEZAS, 1985)

Donde a) Tensión simple
b) Tensión pura
c) Corte transversal a la fibra
d) Compresión
e) Tensión astillante
f) Corte horizontal

3.4.4. Patologías de la madera

La madera al ser un material de origen orgánico u obtenido en la naturaleza puede tener defectos antes y después de haberse utilizado como elemento estructural, a su vez la madera a través del tiempo puede verse afectado por dos agentes como son: el agente abiótico y el agente biótico, este último puede llegar a ser más perjudicial que en los materiales antes descritos debido a que la madera sirve como alimento para muchos microorganismos.

3.4.4.1. Defectos de crecimiento

Estos defectos han sido adquiridos por el árbol durante el crecimiento, madera con estos problemas pueden tener bajas capacidades mecánicas y pueden ser desechadas antes de ser utilizadas en la construcción. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

A continuación se presentarán algunos defectos de crecimiento de la madera enfatizando tan solo los aspectos más importantes de cada defecto, debido que el análisis patológico se realizará a lo largo del tiempo. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

- ***Nudos***: Son discontinuidades de la madera debido al nacimiento de las ramas del tronco. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)
- ***Inclinación del grano***: Se puede deber a una inclinación constante en forma de espiral o problemas en el aserrado de la madera, este problema puede afectar al elemento estructural según la dirección de la carga sometida. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)
- ***Fallas de compresión***: Son zonas de la madera donde las fibras son interrumpidas, por lo tanto en estas zonas no se transmitirán esfuerzos. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)
- ***Perforaciones y médula excéntrica***: Estos defectos se deben a ataques al y crecimiento desfavorable del mismo debido a organismos, pendiente del terreno u otros factores. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

3.4.4.2. Alteraciones por factores abióticos

Son alteraciones producidas por fenómenos meteorológicos como la radiación, temperatura y la humedad, también se incluyen factores de origen mecánico o químico, dentro de las alteraciones por factores abióticos podemos nombrar los siguientes.

- ***Alteraciones producidas por la humedad***

  La madera es capaz de absorber el agua de la humedad del ambiente, hinchando o esponjando esta tangencial y longitudinalmente, la humedad máxima absorbible por la madera se la denomina PSF y oscila entre 22% y 35%, este factor es muy importante debido a que para humedades mayores a este valor las dimensiones de la madera se estabilizan pero se propende al aparecimiento de agentes biológicos, mientras que para valores menores al PSF las dimensiones varían tangencial y longitudinalmente inversamente proporcional a la humedad de la madera. (Broto, 2005)

  La resistencia a cualquier solicitación también es un factor que varía con la humedad, la resistencia suele disminuir según se incrementa la humedad, y se estabiliza luego de la humedad PSF, tal como se muestra en la figura.

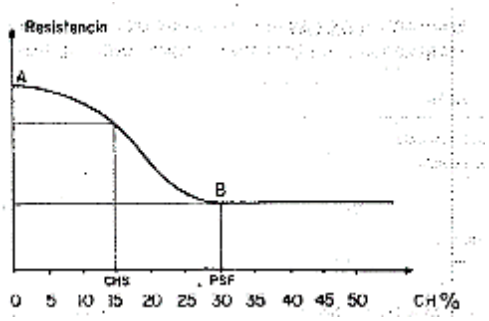


Figura 3.92. Variación de la resistencia en función de la humedad
FUENTE: (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

Aproximadamente los porcentajes de variación de la resistencia según varia la humedad se muestra a continuación.

TABLA No 3.30.
VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A DIFERENTES SOLICITACIONES EN MADERA SEGÚN VARÍA LA HUMEDAD

Propiedad	% de variación
Compresión paralela	4-6
Tracción Paralela	3
Corte	3
Flexión	4
Módulo de elasticidad	2

FUENTE: (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

- ***Alteraciones producidas por la temperatura***

  Por lo general la resistencia mecánica ante todas las solicitaciones disminuyen con el aumento de la temperatura y aumentan con la disminución de esta, si la madera se encuentra expuesta a altas temperaturas durante largos periodos de tiempo los efectos pueden ser irreversibles, si el cambio de temperatura es rápido los efectos pueden

ser reversibles, es necesario destacar que una combinación de cambios prolongados de temperatura y humedad pueden generar fisuras o grietas en la madera que pueden disminuir la capacidad mecánica de la madera. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)



Figura 3. 93. Fisura en madera ensayada a temperatura controlada
Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Duración de la carga***
  Al igual que en el concreto, la madera también sufre el fenómeno ("Creep"), que es la deformación de la madera u otro elemento bajo carga a lo largo del tiempo, la deformación por fenómeno "Creep" puede llegar a ser tres veces la deformación inicial. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)
- ***Envejecimiento de la madera***
  La madera envejece debido al agua lluvia, cambios de humedad y sobre todo por la radiación de los rayos UV, el deterioro de una madera expuesta al medio ambiente sin protección, avanza a 0.5mm/año y es caracterizado por tres factores:
  . *Alteración cromática por oxidación fotoquímica*: La madera obtiene un color amarillento y luego gris por la aparición de mohos que se alimentan de la lignina degradada. (Broto, 2005)
  . *Fotodegradación de la lignina*: Se debe a la rotura de las cadenas moleculares por la acción de los rayos UV, se produce un desfibrado de la madera por la falta de ligazón que produce la lignina, y por ende se produce el peinado superficial. (Broto, 2005)



Figura 3.94. Señales de envejecimiento en madera ensayada.
Elaborado por PAZOS.C, 2018

. *Agrietamiento y rajado*: Las fisuras y grietas se presentan principalmente por la acción de los rayos UV y ciclos continuos de humedecimiento y secado, estos son principalmente longitudinales y permiten el ingreso de agentes externos que pueden degradar más a la madera. (Broto, 2005)



Figura 3.95. Agrietamiento de madera
Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Deformabilidad de la madera***
  Este defecto se debe principalmente a la diferencia entre hinchazones y contracciones, longitudinal y tangencialmente, esto fenómeno se puede producir en piezas de madera con zonas de diferente humedad. (Broto, 2005)
- ***Ataques Químicos***
  Existen diferentes sustancias que pueden cambiar las propiedades de la madera, sustancias como el agua y el alcohol hinchan o contraen la madera, pero este efecto es reversible, sin embargo existen sustancias como ácidos, minerales diluidos y soluciones alcalinas que pueden llegar a descomponer la materia orgánica de la madera deteriorándola de manera permanente. (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984)

3.4.4.3. Alteraciones por factores bióticos

Entre los factores bióticos o biológicos que afectan a la madera podemos nombrar a los hongos, bacterias, insectos u microorganismos; normalmente estos organismos degradan a la madera ya que utilizan la misma como hábitat o como alimento, el ataque de estos organismos puede llegar a pudrir la madera a tal punto que queda inutilizable. (Broto, 2005)

- ***Hongos***
  El crecimiento de hongos promueve la descomposición de la madera y manchas de savia, la presencia de hongos se puede deber a cuatro factores como son: el alimento, la temperatura, la humedad y el oxígeno, los hongos se alimentan de las células leñosas de la madera y pueden vivir a una temperatura comprendida entre 5°C y 40°C y con una humedad superior al punto de saturación de la fibra. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)
- ***Bacterias***
  Las bacterias provocan la humectación de la madera, que conlleva a la degradación de la misma y a su ennegrecimiento, el constante contacto de la madera con el suelo provoca el aparecimiento de bacterias, que a su vez provocan la contracción excesiva al momento del secado. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)
- ***Insectos***
  Los insectos que con mayor frecuencia atacan la madera son las termitas y los escarabajos, los escarabajos pueden ser evitados si a la madera se la mantiene con rocíos de agua o se realiza un rápido secado, mientras que las termitas son los insectos que mayor daño hacen a la

madera, si la madera se encuentra próxima al suelo, se encuentra húmeda o no se encuentre ventilada es propensa a la aparición de estos insectos, la presencia de estos insectos puede ser prevenida con pintura o cualquier otro recubrimiento en la madera. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

3.4.4.4. Prevenciones para la degradación de la madera

- Construir con madera seca libre de rastros de descomposición o de manchas. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)
- Utilizar componentes de madera tratados con preservantes hidrosolubles. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)
- Para componentes en contacto con el suelo se debe utilizar madera tratada a presión. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)
- Utilizar recubrimientos como pintura para poder impedir el saturamiento de la madera. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

3.5. PLÁSTICOS

3.5.1. Descripción del material

El plástico es el material usado en la construcción más reciente en la historia, su uso en general comenzó a finales del siglo XIX, pero su uso en la construcción se diversificó a partir de 1960. (HEGGER, DREXLER, & ZEUMER, 2010)

En el Ecuador el plástico es utilizado en la construcción principalmente para tuberías de PVC en obras hidrosanitarias, plástico para ventanas, cubiertas, entre otras.

3.5.1.1. Fabricación

La fabricación del plástico se lo realiza generalmente a partir del petróleo, aunque también se suelen usar otras materias primas renovables, el primer paso para fabricar el plástico es la obtención de una materia base en forma granular, para luego moldearla y otorgarle las propiedades requeridas mediante la adición de aditivos. (HEGGER, DREXLER, & ZEUMER, 2010)

La conformación del plástico se la puede realizar mediante extrusión que es la conformación mediante una prensa eléctrica, el moldeado por inyección a altas temperaturas, el laminado, estampado, estirado y espumado. (HEGGER, DREXLER, & ZEUMER, 2010)

3.5.1.2. Tipos de plásticos

Existen tres tipos de plásticos los cuales son: termoplásticos, termoestables y elastómeros.

- ***Termoplásticos***: Son plásticos que molecularmente se encuentran conformados por cadenas denominadas monómeros, que se comportan de manera dúctil y plástica, estas cadenas son desenlazadas con esfuerzos de tensión. (ASKELAND & PHULÉ, 2009)
  Se caracterizan por ser cristalinos, al calentarse se funden, se ablandan y se reciclan fácilmente, entre los plásticos podemos nombrar el polietileno, el PVC,

el vidrio acrílico, el policarbonato, el poliestireno o el poliuretano. (HEGGER, DREXLER, & ZEUMER, 2010)

- ***Termoestables***: Los productos termoestables forman enlaces entrecruzados tridimensionales formados a altas presiones y temperatura, estas hacen que se formen plásticos más resistentes que los termoplásticos pero más frágiles, los termoestables no se funden al calentarse sino que se desintegran, entre los termoestables destacan las resinas epoxy utilizadas para formar aglomerantes y fibras de vidrio. (ASKELAND & PHULÉ, 2009)
- ***Elastómeros***: Son plásticos con una deformación elásticas mayor a 200%, se forman de cadenas poliméricas en forma de espiral que se pueden deformarse irreversiblemente en la aplicación de una fuerza. (ASKELAND & PHULÉ, 2009) Dentro de los elastómeros destacan el caucho y las siliconas que son utilizadas como sellantes. (HEGGER, DREXLER, & ZEUMER, 2010)

3.5.1.3. Especificaciones para el uso de PVC en tuberías y Policarbonato para cubiertas en Quito

3.5.1.3.1. Especificaciones para el uso de PVC en tuberías

Las tuberías de PVC son utilizadas tanto a presión como para conducción de agua potable o para desagüe, a continuación se presentaran las especificaciones generales para el uso de tuberías presentadas en la norma INEN 1373

- Las tuberías se debe diseñar para presiones de esfuerzo admisible con temperaturas comprendidas entre 25 y 45°C.
- Las tuberías deben constar con características hidrodinámicas que no permita la pérdida de agua.
- Las tuberías deben ser compuestas en su totalidad de cloruro de polivinilo, que se le pueden agregar aditivos para su más rápida fabricación, estos aditivos no tendrán derivados del plomo, ya que se puede dañar la integridad del material.
- El tubo de PVC debe ser homogéneo a través de la pared y uniforme en color, opacidad y densidad.
- Los diámetros nominales pueden ser comprendidos entre 10mm y 280mm para tuberías de presión con espesores de hasta 38mm.
- Los diámetros nominales pueden ser comprendidos entre 50mm y 630mm para tuberías de desagüe con espesores de hasta 24.2mm.

3.5.1.3.2. Especificaciones para el uso de policarbonato para cubiertas

Las planchas de policarbonato que se comercializan en Ecuador siguen la norma ISO 11963, entre las especificaciones más comunes que se pueden aplicar a planchas de policarbonato podemos nombrar las siguientes:

- Se pueden comercializar planchas con longitudes desde 1.83m o 6pies hasta 3.66m o 12 pies.
- Los colores a ser utilizados en policarbonatos pueden ser amarillo, azul, verde, opal, terra cotta y bronce.
- El ancho útil generalmente comercializado en planchas de policarbonato es de 1. 06m.
- Suelen solicitarse espesores desde 1mm hasta 16mm.

3.5.2. Utilización de plásticos en la construcción en la ciudad de Quito

El uso de plásticos en la construcción quiteña se ha ido masificando en los últimos años, sobre todo por su bajo peso que facilita la colocación de este en forma de diferentes elementos, plásticos como el PVC han ido reemplazando las tuberías de concreto, los paneles de policarbonato han ido reemplazando las cubiertas de teja y metal, entre otros usos.

Entre los plásticos más utilizados en la ciudad de Quito se destacan los siguientes.

TABLA No 3.31.
TIPOS DE PLÁSTICOS UTILIZADOS EN LA CIUDAD DE QUITO

Tipos de plásticos más utilizados en la construcción en la ciudad de Quito	
PLÁSTICOS	UTILIZACIÓN
PVC (Cloruro de polivinilo)	• Tuberías de conducción de agua potable. • Tuberías de desagüe y alcantarillado. • Accesorios de plomerías como válvulas y acoplamientos. • Aislamientos para techos.
Polipropileno	• Se suele usar en cajas con puntos eléctricos. • Tuberías de presión. • Cajas de revisión.
Polietileno	• Aislamientos para alambre. • Tuberías y accesorios de tuberías. • Aislamiento de elementos de edificios del terreno.
Poliestireno	• Paneles de iluminación. • Espumas aislantes.
Policarbonato	• Cubiertas para distintos tipos de ambientes
Poliuretano	• Se emplea en pintura y barnices. • Material aislante
Acrílico	• Sustituye al vidrio como en ventanas.

FUENTE: (VICTORIA, 2013)

3.5.3. Propiedades físicas y mecánicas de los plásticos

Las propiedades físicas y mecánicas de los plásticos varían según su tipo, en general los plásticos poseen una densidad y una conductividad térmica y eléctrica bajas, sin embargo pueden sufrir grandes deformaciones ante el cambio de temperatura debido a su alto coeficiente de dilatación térmica, generalmente los plásticos se fabrican con gran resistencia a la tracción, agua y sustancias químicas. La temperatura es un factor influyente para las

propiedades mecánicas de los plásticos, si los plásticos se someten a altas temperaturas pierden resistencia, mientras que si la temperatura es baja los plásticos se vuelven quebradizos. (HEGGER, DREXLER, & ZEUMER, 2010)

Dado que los plásticos que se van a analizar entran en la categoría de termoplásticos, se mencionará las siguientes propiedades mecánicas de los termoplásticos.

- ***Relación Esfuerzo- Deformación***

  El comportamiento bajo esfuerzo y deformación de los plásticos sometidos a tensión tienen un comportamiento no newtoniano dado que no tienen una relación lineal en la mayor parte de la curva, pero sin embargo el plástico sufre deformaciones elásticas y plásticas. Las deformaciones elásticas, se deben al alargamiento de los enlaces covalentes sometidos a un esfuerzo de tensión, el comportamiento elástico del plástico es similar al de los metales. (ASKELAND & PHULÉ, 2009)



Figura 3.96. Relación esfuerzo- deformación de termoplásticos.
FUENTE: (ASKELAND & PHULÉ, 2009)

- ***Termofluencia y relajación de esfuerzos***

  El fenómeno de relajación de esfuerzos es una deformación permanente que depende del tiempo ante un esfuerzo constante; mientras que la termofluencia tiene que ver con la temperatura de deflexión térmica que es aquella temperatura a la cual ocurre una deformación dada en una viga para una carga estándar, a continuación se muestra la relación del esfuerzo aplicado en polietileno en función del tiempo hasta la ruptura según la temperatura de aplicación del esfuerzo. (ASKELAND & PHULÉ, 2009)

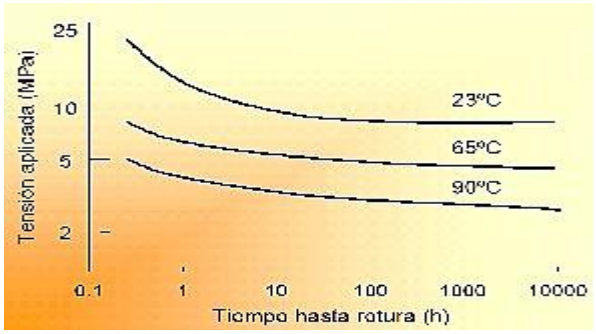


Figura 3.97. Variación de la resistencia a la tensión en función de la temperatura y su tiempo de rotura.
FUENTE: (ASKELAND & PHULÉ, 2009)

- ***Comportamiento al impacto***

  Bajo una prueba de impacto no existe una deformación plástica, por ende en este estado los plásticos se comportan de manera frágil, también la prueba depende de la temperatura a que se la ejecute, si es en bajas temperaturas el comportamiento frágil del plástico es más notorio, mientras a altas temperaturas la prueba de impacto arroja valores más dúctiles.

  A continuación se presentan las propiedades más notables de algunos plásticos utilizados en la construcción. (ASKELAND & PHULÉ, 2009)

TABLA No 3.32.
PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ALGUNOS TERMOPLÁSTICOS

PROPIEDADES DE LOS TERMOPLÁSTICOS					
Plástico	Resistencia a la tensión (psi)	% de alargamiento	Módulo elástico(psi)	Densidad (g/cm3)	Impacto Pie-lb/pulg)
Polietileno	5500	130	180000	0.96	4
PVC	9000	100	600000	1.40	……
Polipropileno	6000	700	220000	0.90	1.0
Poliestireno	8000	60	450000	1.06	0.4
Policarbonato	11000	130	400000	1.20	16

FUENTE: (ASKELAND & PHULÉ, 2009)

3.5.4. Patologías en el plástico

Al igual que el resto de materiales el plástico puede verse afectado por diferentes tipos de factores físicos, mecánicos y químicos, las patologías producidas por factores mecánicos dependerán de las condiciones de carga a la que se encontrará sometido el plástico, por ejemplo en tuberías de PVC es importante tomar en cuenta la carga de presión de agua en la tubería y accesorios, en cubiertas plásticas la carga de lluvia o granizo puede llegar a ser fundamental en cubiertas planas.

Si los plásticos se encuentran sometidos a sustancias químicas como ácidos también pueden verse seriamente afectados si no se han recubierto de la manera adecuada para soportar este tipo de sustancias.

Aparte de estas consideraciones podemos nombrar los factores que más afectan a los plásticos, los cuales son:

- ***Temperatura***

  La temperatura es el factor que más puede degradar a los plásticos que pueden ser usados en la construcción, como ya se mencionó si los plásticos son sometidos a altas temperaturas este puede comenzar a perder resistencia, mientras que si la temperatura disminuye el plástico es más frágil o falla sin anticipación. (ASKELAND & PHULÉ, 2009)

  Si bien es cierto que la temperatura de degradación o descomposición del plástico superan los 100ºC, y se encuentra muy por encima de una temperatura atmosférica considerada como alta (>20ºC), cambios drásticos de temperatura que fragilicen y disminuyan la resistencia del plástico a la vez, pueden provocar descoloración, fisuras y hasta grietas

en cualquier plástico que se esté utilizando como elemento constructivo.

Es necesario delimitar una temperatura en la cual el plástico sea frágil o ductil, la temperatura en la cual por debajo de ella el plástico es rígido y resistente a la termofluencia se denomina temperatura de transición vítrea (Tg), por ejemplo el policarbonato tiene una Tg de 149ºC, por lo tanto en temperatura ambiente este tiende a comportarse de manera frágil mientras que el PVC tiene una Tg igual a 87ºC, que al igual que el policarbonato a temperatura ambiente tiende a comportarse de manera frágil. (ASKELAND & PHULÉ, 2009)



Figura 3.98. Mancha producida por aumento de temperatura en policarbonato.
Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Humedad***

  La humedad no es un factor directamente influyente en la degradación del plástico, de hecho en muchos casos sirven de impermeabilizantes, sin embargo si los elementos plásticos se encuentran en ambientes muy húmedos es propenso la aparición de bacterias o microorganismos que hacen que envejezca o se degrade el plástico, el caso es común en tuberías de PVC que se encuentran colocadas en suelos húmedos y orgánicos que si no se han recubierto con los aditivos necesarios las fisuras en la tuberías serán comunes. (ASKELAND & PHULÉ, 2009)

- ***Contaminación atmosférica***

  La contaminación de la atmósfera puede ser de dos tipos gaseoso y sólido, los humos y gases emitidos por la industria, vehículos y calefacciones mantienen la temperatura alta que afecta a la resistencia del plástico, mientras que la contaminación sólida como el polvo atmosférico se deposita en cubiertas plásticas planas e inclinadas que a su vez absorbe calor y mantiene la temperatura del plástico alta y degrada la resistencia con el tiempo, sin antes mencionar el mal aspecto del material. (Broto, 2005)

- ***Radiación ultravioleta***

  La radiación aumenta con el aumento del nivel del mar, la mayoría de plásticos tienen poca resistencia a la radiación ultravioleta, con el tiempo los plásticos sometidos a altas cargas de radiación primero sufren una decoloración progresiva o hasta producir manchas, luego se fractura la estructura externa del plástico y se agrieta el elemento plástico, para aminorar el efecto de los rayos ultravioletas en los

plásticos, es necesario el uso de aditivos en el proceso de fabricación de los mismos. (Broto, 2005)



Figura 3.99. Degradación de policarbonato y PVC por efecto de rayos ultravioleta.
Elaborado por PAZOS.C, 2018

CAPÍTULO 4: EQUIPOS Y MUESTRAS UTILIZADAS PARA LA EXPERIMENTACIÓN

4.1. CÁMARA DE CONTROL CLIMÁTICO

4.1.1. Descripción del equipo

El equipo a utilizarse en esta experimentación es una cámara de envejecimiento acelerado o cámara de control climático, es denominada así ya que acelera efectos que sufren materiales u otros elementos después de meses o años expuestos principalmente a luz ultravioleta, temperaturas altas y humedad, mediante el uso de una cámara de envejecimiento acelerado podemos obtener resultados en días y hasta semanas.

4.1.1.1. *Características de la cámara*

TABLA No 4.1.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE FUNCIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE ENVEJECIMIENTO

CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO	
Capacidad	450 L
Rango de humedad	50-90% de humedad relativa
Estabilidad de la humedad	± 5%-7% de humedad relativa
Rango de temperatura	10 a 65º C con iluminación 4 a 65º C sin iluminación
Fluctuaciones de temperatura	±2ºC
Intensidad luminosa	0 a 20000LX
Medidas internas de bandeja(cm)	70x55x120
Medidas externas de bandeja(cm)	101x78x186
Número de bandejas	4
Horas de trabajo	0 a 99 ciclos 30 secuencias en cada ciclo Rango de ajuste de tiempo de 0 a 99 h
Requerimiento eléctrico	220V-60Hz
Potencia necesaria	2130 w
Consta de 3 lámparas para iluminación a cada lado de la cámara	
Tiene una pequeña cámara de almacenamiento de agua para generar vapor de agua en la cámara y poder simular la humedad necesaria.	
Consta de un panel de control en el cual se inserta los ciclos, secuencias, temperatura y humedad.	

FUENTE: (BIOBASE, 2017)

- ***Cámara de envejecimiento***



Figura 4.1. Cámara de envejecimiento Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Bandejas***



Figura 4.2. Bandeja utilizadas en la cámara de envejecimiento Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Panel de control***



Figura 4.3. Panel de control de la cámara de envejecimiento Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.1.2. Funcionamiento

La cámara de envejecimiento utilizada para la experimentación basa su funcionamiento en ciclos, cada ciclo se encuentra conformado de subrutinas en las que se pueden simular valores de humedad, temperatura, radiación y tiempo deseado.

Para poder explicar mejor el funcionamiento nos basaremos en el siguiente gráfico hipotético

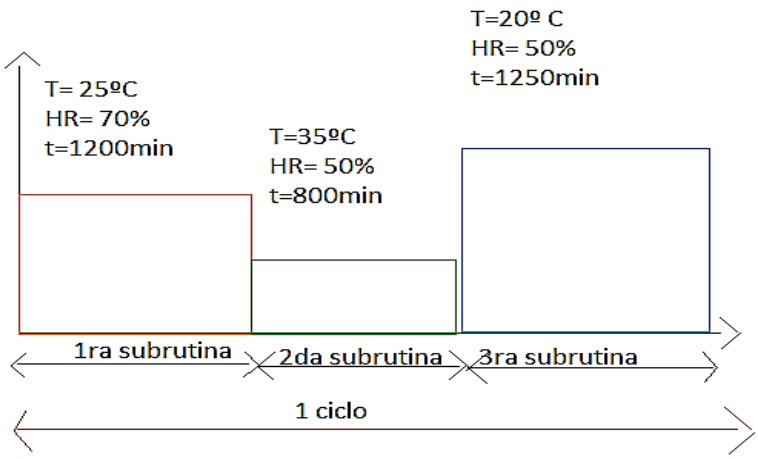


Figura 4.4. Ejemplo de funcionamiento de la cámara de envejecimiento Elaborado por PAZOS.C, 2018

Como se puede ver el ciclo de sometimiento a características meteorológicas se encuentra conformado por tres secuencias o subrutinas con temperaturas y humedades constantes durante un cierto tiempo, en la primera subrutina la cámara mantiene una temperatura de 25ºC con una humedad relativa del 70% durante 1200 minutos, luego de cumplir con este tiempo la temperatura aumenta a 35º C con una humedad del 50% durante un tiempo de 800 minutos y finalmente el ciclo se termina con 1250 min de temperatura a 20º C con una humedad de 50%.

El programador de la cámara podrá elegir el número de ciclos según la simulación de tiempo requerido, por ejemplo si para este caso 5 años simulados para un determinado lugar equivalen a 7 ciclos con las subrutinas antes descritas, el tiempo real en la que los elementos analizados en la cámara permanecerán en la misma se calculará de la siguiente manera.

TABLA No 4.2.

SIMULACIÓN DE CICLOS Y SUBRUTINAS DEL EJEMPLO DE FUNCIONAMIENTO

Tiempo real en cámara		
1ra subrutina	1200	min
2da subrutina	800	min
3ra subrutina	1250	min
Tiempo en 1 ciclo	3250	min
Tiempo en 1 ciclo	54,2	horas
Tiempo en 7 ciclos	379,2	horas
Tiempo en 7 ciclos	15,8	días

Elaborado por PAZOS.C, 2018

Para este ejemplo el tiempo de simulación real en la cámara es de 16 días, se debe tomar en cuenta que después de que la cámara concluya los ciclos programados se reinicia automáticamente con la misma programación, hará esto hasta que el programador desee detener la continuación de los ciclos.

Es muy importante recalcar que la máquina puede trabajar con todas las lámparas generadoras de radiación a distintos porcentajes, por ejemplo si se trabaja con el 100% de la capacidad de las lámparas se genera una radiación de 4050 w/m^2, es en base a este porcentaje que se puede determinar el número de ciclos y subrutinas a simular ya que se compara la radiación sometida en la cámara con datos estadísticos de radiación en distintos periodos de tiempo, esta afirmación se explicará en detalle en la metodología usada para la simulación.

4.1.3. Metodología usada para la simulación

Para poder determinar los datos meteorológicos futuros necesarios para la simulación en la cámara de envejecimiento acelerado, se ha utilizado un programa “Solver” capaz de proyectar las variables meteorológicas en el tiempo, este programa fue elaborado por el Ing. José Alarcón en colaboración con la PUCE.

4.1.3.1. Programa de proyección de variables meteorológicas utilizado para la experimentación

El programa es capaz de proyectar variables como temperatura, radiación solar, heliofania y partículas menores a 2,5mm (Pm 2.5), también es capaz de producir interrelaciones de las diferentes variables meteorológicas.

Los datos en los cuales se basa el programa son de tres estaciones del INHAMI y del Municipio de Quito, las cuales son: Camal, Belisario y Carapungo; las estaciones elegidas fueron en base a la confiabilidad de los datos que proporcionaban y la cantidad de datos que brindaban. El modelamiento del programa se basa en la interdependencia de las variables, el programa se basa en ecuaciones que relacionan las variables de mejor manera tal como se explica a continuación. (ALARCON, 2017)

4.1.3.1.1. Ecuaciones meteorológicas

El programa es capaz de proyectar cuatro variables previamente enunciadas, sin embargo dado que en la cámara de envejecimiento tan solo influirán radiación, heliofanía y temperatura, se enunciaran las ecuaciones que utiliza el programa para proyectar estas variables. (ALARCON, 2017)

- ***Ecuación óptima de heliofanía:*** $\boldsymbol{y = -14.32\, ln(t) + 176.46}$ ***correlación de 0,5865*** Ec.4.1. (ALARCON, 2017)
- ***Ecuación óptima de temperatura:*** $\boldsymbol{y = -0.0016t^2 + 0.18085t + 12.704}$ ***correlación de 0,5595*** Ec 4.2. (ALARCON, 2017)
- ***Ecuación óptima de radiación:*** $\boldsymbol{y = 47.916 \ln(t) + 292.67}$ **correlación de 0,7263** Ec 4.3. (ALARCON, 2017)

  A parte de esta ecuación que relaciona la radiación con el tiempo, también el programa plantea la correlación de la radiación con la heliofanía y la temperatura mediante la siguiente ecuación. (ALARCON, 2017)

$$\boldsymbol{y} = (1.344)H + (72.397)T + (1283.482) \quad \text{Ec 4.4.}$$

El programa proyecta mediante estas ecuaciones los datos que obtendríamos de radiación, heliofanía y temperatura desde el año 2004 hasta el año requerido de la siguiente manera.



Figura 4.5. Proyección de datos de temperatura en programa solver

FUENTE:(ALARCON, 2017)

4.1.3.2. Cálculo de ciclos y secuencias utilizadas para la simulación

4.1.3.2.1. Datos de radiación y heliofanía

Para la recopilación de los datos arrojados por el programa se ha elegido un año base el cual fue 2016 y un año límite el cual fue 2036, de los datos arrojados se calculará la carga de radiación por horas de sol anual para poder obtener una carga de radiación cada 5 años, que servirán para poder obtener la referencia de simulación.

TABLA No 4.3.

DATOS DE RADIACIÓN Y HELIOFANÍA PROYECTADOS POR EL PROGRAMA SOLVER

Carga de radiación				
AÑOS	h/mes prom	W/m2	W/m2 anual	W/m2 anual acumulados
2016	139,7	478,5	802.157,40	
1017	138,7	481,9	802.074,36	
2018	137,7	485,1	801.579,24	1.603.653,60
2019	136,8	488,3	801.593,28	2.405.246,88
2020	135,9	491,5	801.538,20	3.206.785,08
2021	135,1	494,6	801.845,52	**4.008.630,60**
2022	134,3	497,6	801.932,16	
2023	133,6	500,5	802.401,60	1.604.333,76
2024	132,9	503,4	802.822,32	2.407.156,08
2025	132,2	506,2	803.035,68	3.210.191,76
2026	131,6	508,9	803.654,88	**4.013.846,64**
2027	131	511,6	804.235,20	
2028	130,4	514,1	804.463,68	1.608.698,88
2029	129,8	516,6	804.656,16	2.413.355,04
2030	129,3	519	805.280,40	3.218.635,44
2031	128,7	521,4	805.250,16	**4.023.885,60**
2032	128,2	523,6	805.506,24	
2033	127,8	525,8	806.366,88	1.611.873,12
2034	127,3	527,9	806.420,04	2.418.293,16
2035	126,8	529,9	806.295,84	3.224.589,00
2036	126,4	531,8	806.634,24	**4.031.223,24**

FUENTE: (ALARCON, 2017)

Como se puede observar la carga de radiación no varía de una manera notable desde los primeros 5 años hasta los últimos 5 años, por lo tanto para poder simular en la cámara de envejecimiento, se buscará la aplicación de ciclos y secuencias que brinden la mejor aproximación a la carga de radiación real.

Para poder determinar la carga de radiación óptima que debe entregar la cámara de envejecimiento es importante recalcar que la cámara entrega 4050 W/m^2, encendidas sus 6

lámparas, a esta radiación se debe sumar la radiación generada por las condiciones climáticas impuestas que se encuentran regidas por la ecuación de radiación que se basa en la heliofanía y la temperatura, por lo tanto la radiación real que generará la máquina se regirá bajo la siguiente ecuación.

$$Radiación\ generada = 4050\ W/m^2 + (1.344)H + (72.397)T + (1283.482) \quad \text{Ec 4.5.}$$

Donde H son las horas que se encuentre encendida la máquina y T es la temperatura programada

A continuación se plantean valores de temperatura y humedad óptimos para simular el clima quiteño, basandonos en la tendencia del programa solver en establecer temperaturas máximas en los años en estudio hasta 35º C, y tal como es la tendencia presentada para temperaturas máximas presentadas en el capítulo 2, se ha decidido plantear esta temperatura como aquella que predomine en la simulación.

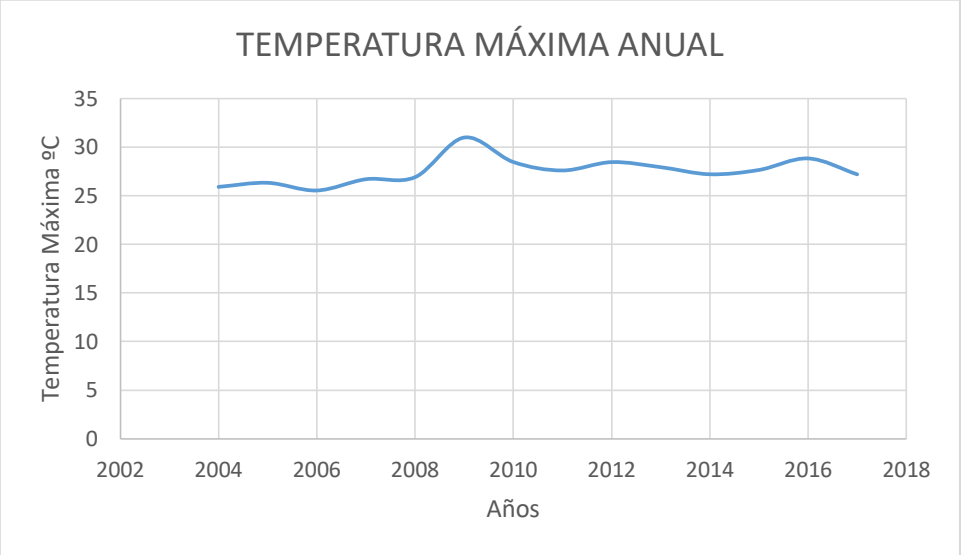


Figura 4.6. Temperatura máxima anual desde el año 2004 hasta el año 2017
Elaborado por PAZOS.C, 2018

Con respecto a la humedad, este valor se ha determinado en base a una tendencia en picada presentada en el capítulo 2, los valores de humedad simulados se encontraran entre 60% y 65 %.

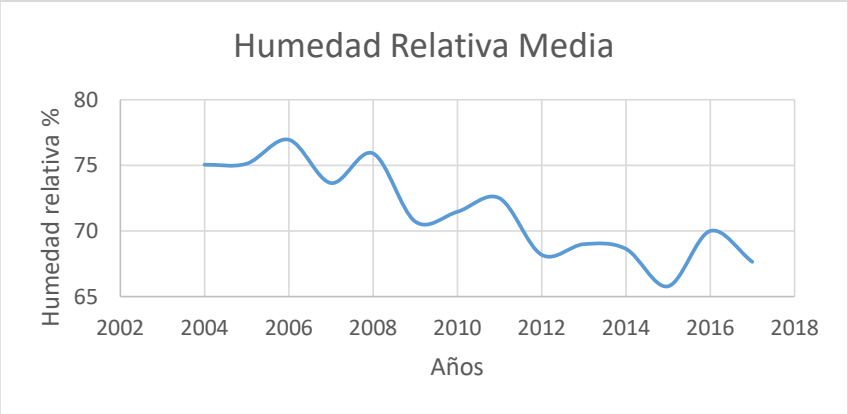


Figura 4.7. Humedad relativa media anual desde el año 2004 hasta el año 2017

ELABORADO POR: PAZOS.C, 2018

En base a la ecuación de radiación generada podemos determinar las horas de funcionamiento necesarias para obtener una carga de radiación aproximada a la radiación real cada 5 años. Se ha determinado mediante un procedimiento de prueba y error que con 462h se obtiene una carga de radiación de 3921596,91 W/m^2, que comparando con los datos reales de radiación obtenemos errores menores tal como se muestra a continuación.

TABLA 4.4.

ERRORES OBTENIDOS EN LA CARGA DE RADIACIÓN SIMULADA CON RESPECTO A LA REAL

ERROR EN RADIACIÓN RESPECTO A RADIACIÓN SIMULADA					
Años simulados	Carga de radiación real	Carga de radiación real acum	Carga de radiación simulada	Carga de radiación simulada acum	% error
5	4.008.630,60	4.008.630,60	3.921.596,91	3.921.596,91	2,17
10	4.013.846,64	8.022.477,24	3.921.596,91	7.843.193,82	2,23
15	4.023.885,60	12.046.362,84	3.921.596,91	11.764.790,73	2,34
20	4.031.223,24	16.077.586,08	3.921.596,91	15.686.387,64	2,43

Elaborado por PAZOS. C, 2018

Como podemos observar el error se va incrementando a medida que aumentamos los años simulados, por ende no se ha realizado para mayor cantidad de años. Finalmente para obtener la cantidad de ciclos y secuencias se realiza en siguiente análisis.

- El número de horas de trabajo de la máquina que simulan 5 años bajo las condiciones dadas son de 462 horas que equivalen a 27720 minutos.
- Si se implanta 9 ciclos con esta cantidad de horas se obtiene 3080 minutos por ciclo.
- A cada ciclo se lo dividirá en dos subrutinas una preponderante de 2880minutos con la temperatura previamente seleccionada de 35ºC y 65% de humedad; y una segunda subrutina de tan solo 200minutos que simularan caídas de temperatura hasta 15ºC con una humedad del 60%.

- Las 462 horas representan 19.25 días que a su vez simulan 5 años en la cámara de envejecimiento, siendo 20 años los analizados la experimentación durará 77 días equivalentes a 2,57 meses.

  Lo descrito anteriormente se muestra en el siguiente resumen.

TABLA No 4.5.

RESUMEN DE CICLOS, SECUENCIAS Y TIEMPO USADOS PARA LA EXPERIMENTACIÓN

Simulación en cámara de control climático			
Número de ciclos	9		
Número de subrutinas	2		
DATOS DE SUBRUTINAS			
SUBRUTINAS	Temperatura ºC	Humedad %	Tiempo(min)
1ra subrutina	35	65	2880
2da subrutina	15	60	200
Tiempo de experimentación			
Tiempo para 5 años simulados	19,25		días
Tiempo para 10 años simulados	38,5		días
Tiempo para 15 años simulados	57,75		días
Tiempo para 20 años simulados	77		días
Tiempo de experimentación	2,6		meses

Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.2. MUESTRAS DE HORMIGÓN

4.2.1. Caracterización de los agregados

A continuación se presentarán los resultados obtenidos del análisis al agregado utilizado para la realización de las muestras de hormigón simple y las corregidas de hormigón armado; el agregado fue obtenido de la mina de Guayllabamba.

4.2.1.1. Granulometría del agregado fino

- ***Datos del ensayo de granulometría***

TABLA 4.6.
DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL ÁRIDO FINO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ÁREA DE HORMIGONES	
Granulometría del Árido Fino	
Tamiz (plg)	Masa Retenida Parcial(gr)
1/2	
3/8	
No 4	0,1
No 8	101
No 16	141,1
No 30	247,9
No 50	150,1
No 100	105,3
N0 200	53,2
Masa Total: 1550 gr	
MINA: GUAYLLABAMBA	

Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Análisis Granulométrico***

TABLA 4.7.
GRANULOMETRÍA DEL ÁRIDO FINO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL ÁRIDO FINO						
Malla	Peso retenido	Peso comp.	% retenido	% retenido acum.	% que pasa	¿Cumplir las normas A.S.T.M.?
3/8"	0	0	0,00	0,00	100,00	si cumple
Nº 4	0,1	0,1	0,01	0,01	99,99	si cumple
Nº 8	101	101	10,04	10,05	89,95	si cumple
Nº 16	141,1	141,1	14,03	24,08	75,92	si cumple
Nº 30	247,9	430,5	42,79	66,87	33,13	si cumple
Nº 50	150,1	150,1	14,92	81,79	18,21	si cumple
Nº 100	105,3	105,3	10,47	92,26	7,74	si cumple
Nº 200	53,2	53,2	5,29	97,54	2,46	si cumple
cazuela	24,7	24,7	2,46	100,00	0,00	
Módulo de Finura: 2,70						
Masa Inicial(gr): 1550						
MINA: GUAYLLABAMBA						

Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Curva Granulométrica***

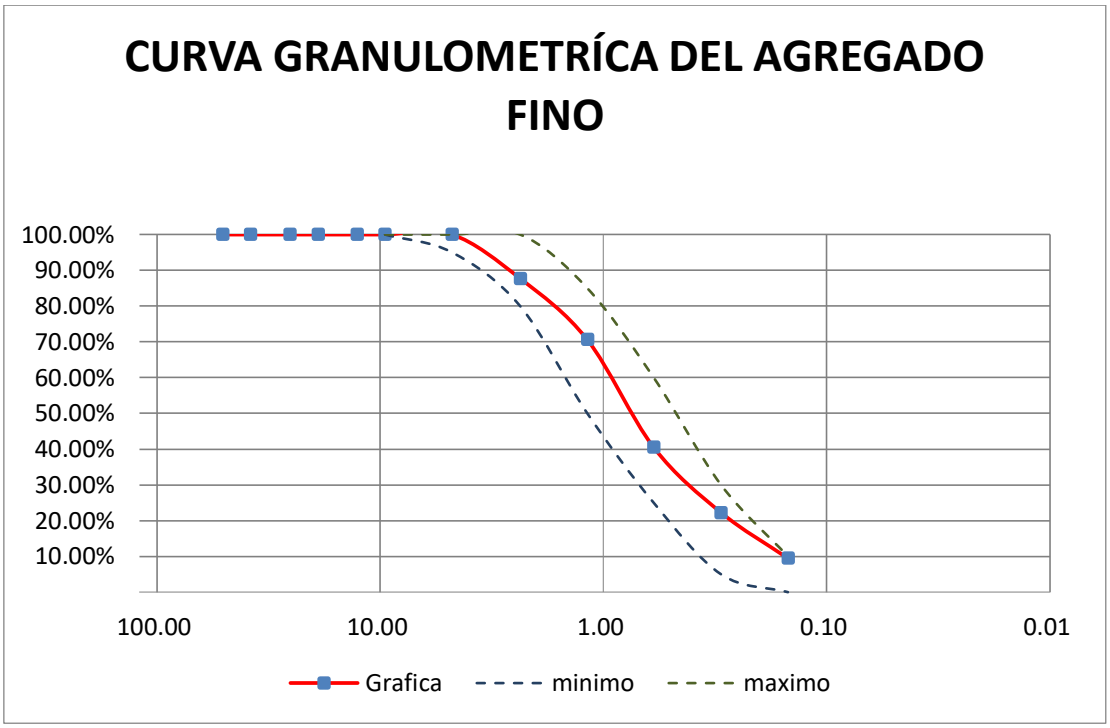


Figura 4.8. Curva granulométrica del árido fino Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.2.1.2. Granulometría del agregado grueso

- ***Datos del ensayo de granulometría***

TABLA 4.8.
DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL ÁRIDO GRUESO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ÁREA DE HORMIGONES	
Granulometría del Árido Grueso	
Tamiz (plg)	Masa Retenida Parcial(gr)
3	
2 1/2	
2	
1 1/2	
1	1098
3/4	2480
1/2	6561
3/8	3628
4	4042
Masa Total:	
MINA: GUAYLLABAMBA	

Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Análisis granulométrico***

TABLA 4.9.
GRANULOMETRÍA DEL ÁRIDO GRUESO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO						
MALLA No.	**ABERTURA (mm)**	**MASA RETENIDA PARCIAL (Kg)**	**MASA RETENIDA ACUMULADA (Kg)**	**PORCENTAJE RETENIDO (%)**	**PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)**	**PORCENTAJE QUE PASA (%)**
4"	100,00					100,00%
3 1/2"	90,00					100,00%
3"	75,00					100,00%
2 1/2"	63,00					100,00%
2"	50,80					100,00%
1 1/2"	38,10					100,00%
1"	25,40	1098	1098	5,53%	5,53%	94,47%
3/4"	19,00	2480	3578	12,50%	18,03%	81,97%
1/2"	12,70	6561	10139	33,07%	51,10%	48,90%
3/8"	9,51	3628	13767	18,29%	69,39%	30,61%
No.4	4,76	4042	17809	20,37%	89,76%	10,24%
No.8	2,36		19840		100,00%	
No.16	1,18		19840		100,00%	
No.30	0,60		19840		100,00%	
No.50	0,30		19840		100,00%	
No.100	0,15		19840		100,00%	
Pasante		**2031,0000**	19840	10,24%	100,00%	
SUMA		19840,0000		100,00%		

Masa Inicial (kg)	**20210,00**
Tamaño Máximo (Pulg)	**1"**
Número de Tamaño #	**57**
Tamaño Máximo Nominal (Pulg)	**1"**
Módulo de Finura	**6,7719**

Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Curva Granulométrica***

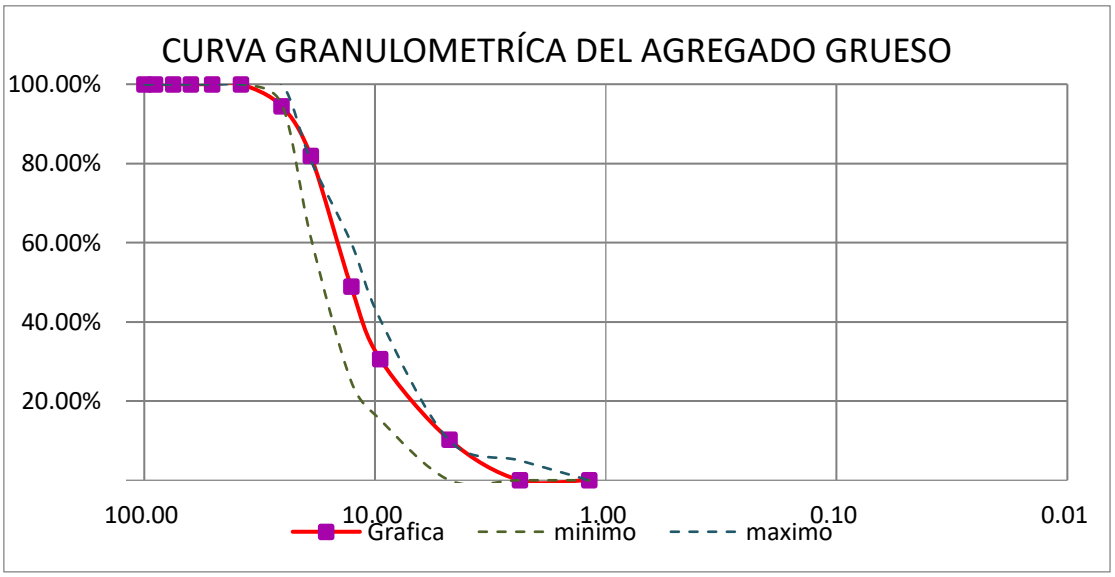


Figura 4.9. Curva granulométrica del árido grueso Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.2.1.3. Peso unitario de los agregados

- ***Peso unitario de árido fino***

TABLA 4.10.
CÁLCULO DEL PESO UNITARIO DEL ÁRIDO FINO

P.U. SUELTO		P.U. COMPACTO	
Material Fino		Material Fino	
Datos		Datos	
Masa del molde(g)	5050	Masa del molde(g)	5050
Volumen del Molde(cm3)	2980	Volumen del Molde(cm3)	2980
Cálculos		Cálculos	
Peso + Molde(g)	9410	Peso + Molde(g)	9730
Peso de muestra	4360	Peso de muestra(g)	4680
PUS(g/cm3)	1,46	PUC(g/cm3)	1,57

Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Peso unitario del árido grueso***

TABLA 4.11.
CÁLCULO DEL PESO UNITARIO DEL ÁRIDO GRUESO

P.U. SUELTO		P.U. COMPACTO	
Material Grueso		Material Grueso	
Datos		Datos	
Masa del molde(g)	8540	Masa del molde(g)	8540
Volumen del Molde(cm3)	9950	Volumen del Molde(cm3)	9950
Cálculos		Cálculos	
Peso + Molde(g)	23450	Peso + Molde(g)	23800
Peso de muestra	14910	Peso de muestra(g)	15260
PUS(g/cm3)	1,50	PUC(g/cm3)	1,53

Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.2.1.4. Gravedad Específica de los agregados

- ***Gravedad específica del agregado fino***

TABLA 4.12.
CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL ÁRIDO FINO

Gravedad Específica del Fino	
Datos	
Peso del Matraz(g)	158,2
Pmuestra(g)	500,1
Pmuestra Seca(g)	475,6
Matraz+Muestra(g)	953,4
CÁLCULOS	
Agua Añadida(g)	295,1
Ges Bulk	2,32
Ges	2,44
Gea	2,64
Absorción (%)	5,15

Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Gravedad específica del agregado grueso***

TABLA 4.13.
CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL ÁRIDO FINO

Gravedad Específica del Grueso	
Datos	
Peso de la Canasta(g)	1172
W sumergido + canasta(g)	4580
Pmuestrasss(g)	5609
Pmuestra Seca(g)	5433
CÁLCULOS	
Peso Sumergido(g)	3408
Ge Bulk	2,47
Ges	2,55
Gea	2,68
Absorción (%)	3,24

Elaborado por PAZOS.C ,2018

4.2.1.5. Abrasión

TABLA 4.14.

CÁLCULO DE LA ABRASIÓN EN EL AGREGADO GRUESO

Abrasión	
Datos	
Tipo	1
M inicial(g)	5003
P.Ret.Tamiz 12(g)	3930
P.Pasa.Tamiz 12(g)	1073
% de desgaste	21,4
% Máximo	50
CUMPLE	

Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.2.1.6. Contenido Orgánico

TABLA 4.15.

CONTENIDO ORGÁNICO CONTENIDO EN EL ÁRIDO FINO

Contenido Orgánico	
Valor en Escala	1
NULO C.O	

Elaborado por PAZOS.C



Figura 4.10. Ensayo de contenido orgánico en árido fino Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.2.1.7. Humedad Natural

TABLA No 4.16.

HUMEDAD NATURAL DE LOS AGREGADOS UTILIZADOS PARA EL HORMIGÓN

HUMEDAD NATURAL DE LOS ÁRIDOS				
	Fino		Grueso	
M natural(g)	990,5	1294,7	2857,5	2466,6
M seca(g)	940,6	1230,9	2773,1	2391,7
Humedad %	5,31	5,18	3,04	3,13
Promedio	5,24		3,09	

Elaborado por PAZOS. C, 2018

4.2.1.8. Desgaste a los sulfatos

Para la obtención de la resistencia del agregado ante sulfatos, se ha utilizado sulfato de sodio para la experimentación.

- ***Desgaste a los sulfatos en el árido fino***

TABLA 4.17.

CÁLCULO DEL DESGASTE A LOS SULFATOS DEL ÁRIDO FINO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ÁREA DE HORMIGONES						
Desgaste a los sulfatos en el agregado fino						
No TAMÍZ		Masa de las fracciones antes del ensayo	Masa de las fracciones despues del ensayo	% retenido parcial del agregado	% que pasa el tamiz + fi no despues del ensayo	% de desgaste parcial
Pasa	Retiene					
	NO 4					
NO 4	NO 8					
NO 8	NO 16	91,2	87,8	31,12	3,73	1,16
NO 16	NO 30	101,4	88,1	34,60	13,12	4,54
NO 30	NO 50	100,5	88,8	34,29	11,64	3,99
NO 50	Total	293,1	264,7		% Desgaste	9,69
MINA		Guayllabamba		% Máximo	10	Cumple

Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Desgaste a los sulfatos en el árido grueso***

TABLA 4.18.

CÁLCULO DEL DESGASTE A LOS SULFATOS DEL ÁRIDO GRUESO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ÁREA DE HORMIGONES						
No TAMÍZ		Masa de las fracciones antes del ensayo	Masa de las fracciones despues del ensayo	% retenido parcial del agregado	% que pasa el tamiz + fi no despues del ensayo	% de desgaste parcial
Pasa	Retiene					
	2 1/2"					
2 1/2"	2"					
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"	1003,2	943,4	33,46	5,96	1,99
1"	3/4"	634,1	484,4	21,15	23,61	4,99
3/4"	1/2"	700,3	689,7	23,36	1,51	0,35
1/2"	3/8"	356,1	322,3	11,88	9,49	1,13
3/8"	N0 4	304,2	290,5	10,15	4,50	0,46
N0 4		2997,9	2730,3		Desgaste	8,93
MINA		Guayllabamba		% Máximo	10	Cumple

Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.2.2. Diseño del hormigón para una resistencia de 210 kg/cm2

4.2.2.1. Datos necesarios para el diseño

TABLA 4.19.

DATOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS Y UTILIZADOS EN EL DISEÑO

DATOS DE DISEÑO	
Gravedad específica del árido fino(gea)	2,64
Gravedad específica del árido grueso(gea)	2,68
Peso unitario Suelto del árido fino(kg/m3)	1463,09
Peso unitario Compactado del árido fino(kg/m3)	1570,47
Peso unitario Suelto del árido grueso(kg/m3)	1498,49
Peso unitario Compactado del grueso(kg/m3)	1533,67
% de absorción del agregado fino	5,15
% de absorción del agregado grueso	3,24
% de humedad del árido fino	5,24
% de humedad del árido grueso	3,09
Módulo de finura del agregado grueso	2,70
Módulo de finura del agregado fino	6,77
Tamaño máximo nominal del agregado	1”
Gravedad específica del cemento(Asumida)	3,15

Elaborado por PAZOS. C, 2018

- ***Mezcla de los agregados***

  Para el diseño del hormigón se ha decidido utilizar las siguientes proporciones en porcentaje tanto del agregado grueso como del fino dado que cumple con las especificaciones mínimas y máximas dadas por Weimouth y Fuller-Thompson, tal como se muestra a continuación.

TABLA 4.20.
PROPORCIONES DE LOS AGREGADOS EN MEZCLA

Agregados en mezcla		
X% fino	50	%
Y% grueso	50	%

Elaborado por PAZOS.C, 2018

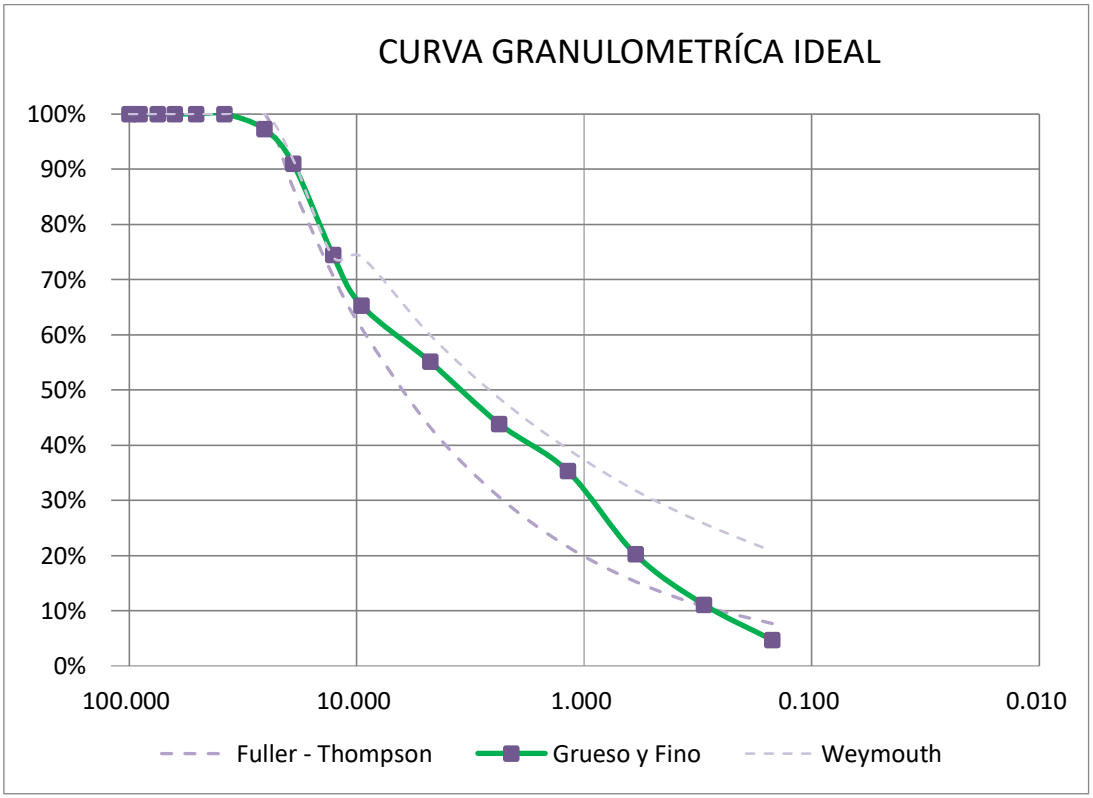


Figura 4.11. Curva granulométrica de la mezcla de los agregados
Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Asentamiento***

  El diseño del hormigón se lo realizará en base al procedimiento del ACI 211.1-91, el hormigón diseñado tendrá una resistencia a los 28 días de 210 kg/cm2.
  De la tabla 6.3.1 del ACI 211.1-91, se ha determinado el asentamiento utilizado en el diseño tal como se muestra.

TABLA 4.21.
ASENTAMIENTOS PARA DISTINTOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Tipo de construcción	Revenimiento(cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de subestructura sencillos, zapatas muros y cajones de cimentación.	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

FUENTE: ACI 211.1-91

CUADRO 4.22.
ASENTAMIENTO SELECCIONADO PARA EL DISEÑO DEL HORMIGÓN

Asentamiento Requerido	
Elementos Estructurales	
Máximo	10cm
Mínimo	2,5cm
Requerido	**8cm**

Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Agua de mezclado y contenido de aire***

El agua de mezcla del hormigón y su contenido de aire serán elegidos en base al asentamiento y el tamaño máximo del agregado. La elección se ha basado en la tabla 6.3.3 del ACI 211.1-9.

TABLA 4.23.
CANTIDAD DE AGUA EN MEZCLA SEGÚN ASENTAMIENTO Y TMN

	Tamaño máximo de la grava(mm)							
Revenimiento (cm)	Concreto sin aire incluido							
2.5-5	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5-10	228	216	205	193	181	169	145	124
15-17.5	243	228	216	202	190	178	160	…..
Aire atrapado aprox. (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
	Concreto con aire incluido							
2.5-5	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5-10	202	193	184	175	165	157	133	119
15-17.5	216	205	197	174	174	166	154	…..
Promedio recomendado de aire a incluir según el tipo de exposición (%)								
Exposición Ligera	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Exposición Moderada	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Exposición Severa	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

FUENTE: ACI 211.1-9.

TABLA 4.24.
CANTIDAD DE AGUA ELEGIDA PARA LA MEZCLA DE HORMIGÓN

Agua neta y aire incorporado	
Agua neta(kg) =	193,00
Aire (%) =	4,50

Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Relación agua- cemento***

La relación agua-cemento es determinada en base a la resistencia de diseño la cual es determinada de la siguiente manera.

TABLA 4.25.
RESISTENCIA DE DISEÑO ADOPTADA PARA LA MEZCLA

Resistencia de diseño	
Resistencia (kg/cm2)	210
Coeficiente de seguridad (%)	5
Resistencia de diseño	220,5

Elaborado por PAZOS.C, 2018

En base a la resistencia de diseño se procede a obtener la relación agua-cemento de la tabla 6.3.4(a) del ACI 211.1-9.

TABLA 4.26.
RELACIÓN AGUA-CEMENTO EN FUNCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm2)	Relación agua/cemento (a partir del peso)	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0.41	.....
350	0.48	0.4
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

FUENTE: ACI 211.1-9.

TABLA 4.27.
RELACIÓN AGUA-CEMENTO ADOPTADA PARA LA MEZCLA

Relación a/c	
Concreto sin aire incluido	
Interpolación	
f`c (kg/cm2)	R a/c
210	0,68
280	0,57
R a/c de diseño	
0,6635	

Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Cálculo de los componentes del concreto***

TABLA 4.28.
CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DEL CONCRETO

Cemento	
R a/c	0,66
Agua de mezclado teórico(kg)	193,00
Cemento (kg)	**290,88**
Agregados	
Peso Unitario del hormigón Um(kg/m3)	2154,37
Cantidad total de agregados(sss) (kg/m3)	1670,49
Cantidad de material fino(sss)(kgm3)	835,24
Cantidad de material grueso (sss)(kg/m3)	835,24
Cantidad de material fino(seco)(kgm3)	794,34
Cantidad de material grueso (seco)(kg/m3)	809,03
Cantidad de material fino(natural)(kgm3)	**835,96**
Cantidad de material grueso (natural)(kg/m3)	**834,03**
Agua de mezclado real	
Absorción del agregado Fino (%)	5,15
Absorción del agregado Grueso (%)	3,24
Humedad natural del agregado Fino (%)	5,24
Humedad natural del agregado Grueso (%)	3,09
Agua de mezclado teórico(kg)	193
Agua de mezcla real (kg)	**193,50**

Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Cantidades para elaborar 1 cilindro de hormigón***

TABLA 4.29.
DOSIFICACIÓN PARA ELABORAR 1 CILINDRO DE HORMIGÓN

Volumen del cilindro	
altura(m)	0,3
diámetro(m)	0,15
V(m3)	0,00530144

DOSIFICACIÓN AL PESO			
	Kg/m3	gr.	%al peso
Agua mez.	193,498645	1025,82146	8,98168041
Cemento	290,881688	1542,09182	13,5019362
Arena nat.	835,959152	4431,78729	38,8029484
Ripio nat.	834,030703	4421,56373	38,713435
Um	2154,37019		
REESTIMACIÓN			
Um (Puh) =2400 kg/cm3			
Asent. obt = 8cm			
	Kg/m3	gr.	% al peso
Agua mez.	215,56033	1142,78015	10,0057238
Cemento	324,046468	1717,91291	15,041355
Arena nat.	931,270762	4937,07607	43,2270539
Ripio nat.	929,12244	4925,68687	43,1273346
Um	2400		

Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.2.3. Resumen de la caracterización de los agregados utilizados inicialmente para las muestras de hormigón armado.

TABLA 4.30.
CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO UTILIZADO PARA LAS PRIMERAS MUESTRAS DE HORMIGÓN ARMADO

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO	
Gravedad específica del árido fino(gea)	2,60
Gravedad específica del árido grueso(gea)	2,35
Peso unitario Suelto del árido fino(kg/m3)	1550,36
Peso unitario Compactado del árido fino(kg/m3)	1674,50
Peso unitario Suelto del árido grueso(kg/m3)	1416,08
Peso unitario Compactado del grueso(kg/m3)	1501,51
% de absorción del agregado fino	3,44
% de absorción del agregado grueso	4,64
% de humedad del árido fino	10,88
% de humedad del árido grueso	2,16
Módulo de finura del agregado grueso	6,71
Módulo de finura del agregado fino	2,6 (Cumple)
Tamaño máximo nominal del agregado	1”
Abrasión	59,84(No cumple)
Desgaste a los sulfatos de árido fino	8,57(Cumple)
Desgaste a los sulfatos del árido grueso	7,73(Cumple)
Gravedad específica del cemento(Asumida)	3,15

Elaborado por PAZOS.C, 2018

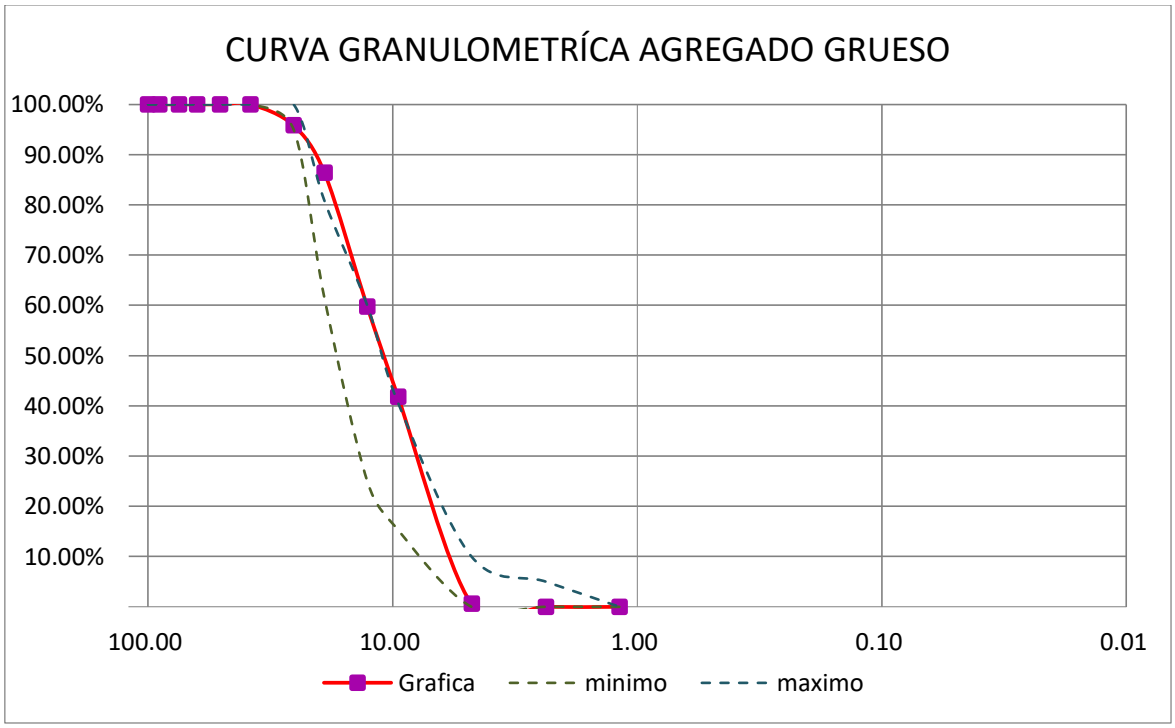


Figura 4.12. Curva granulométrica del árido fino utilizado en las primeras muestras de hormigón armado Elaborado por PAZOS.C, 2018

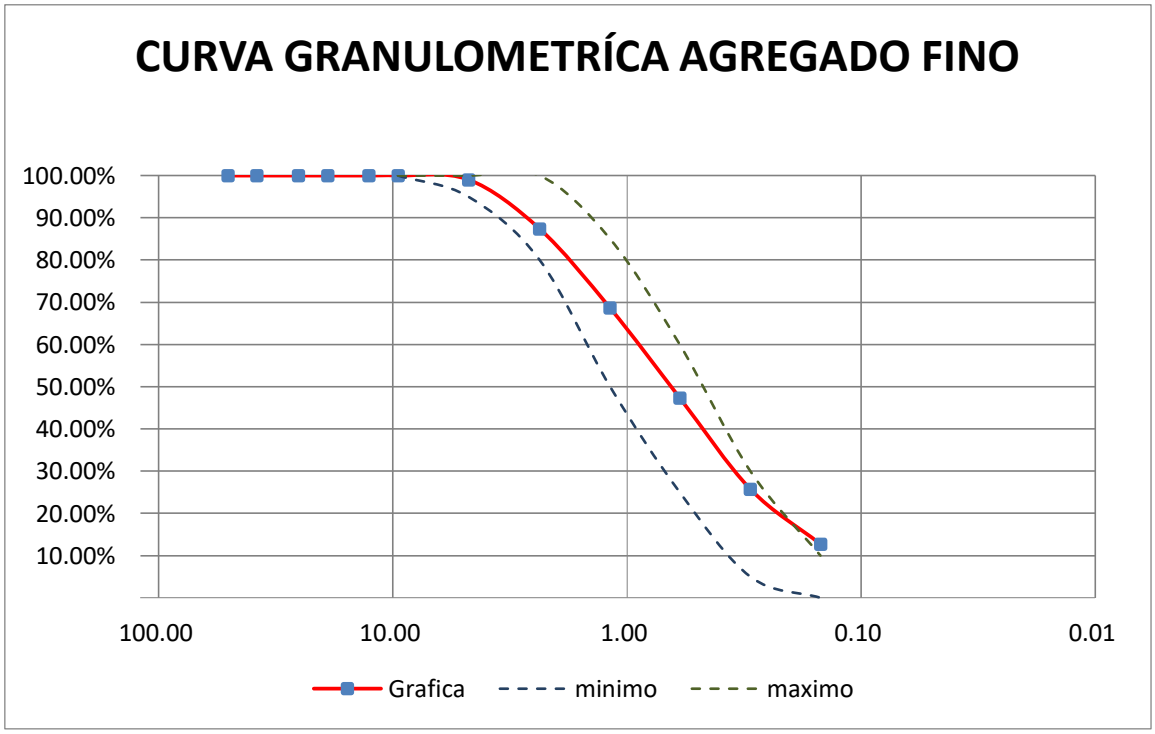


Figura 4.13. Curva granulométrica del árido grueso utilizado en las primeras muestras de hormigón armado Elaborado por PAZOS.C, 2018

- DISEÑO INICIAL

TABLA 4.31.

DISEÑO DEL HORMIGÓN UTILIZADO EN LAS PRIMERAS MUESTRAS DEL HORMIGÓN ARMADO

DOSIFICACIÓN AL PESO			
	Kg/m3	gr.	% al peso
Agua mez.	152,720	809,636	7,089
Cemento	290,882	1542,092	13,502
Arena nat.	895,320	4746,484	41,558
Ripio nat.	815,449	4323,052	37,851
Um	2154,370	11421,264	
REESTIMACIÓN			
Um (Puh) =2400 kg/cm3			
Asent. obt = 8cm			
	Kg/m3	gr.	% al peso
Agua mez.	170,132	901,946	7,897
Cemento	324,046	1717,913	15,041
Arena nat.	997,399	5287,653	46,297
Ripio nat.	908,422	4815,944	42,166
Um	2400,000	12723,456	

Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.2.4. Características de probetas de hormigón para experimentación

4.2.4.1. Probetas de hormigón simple

- ***Descripción***

TABLA No 4.32.

DESCRIPCIÓN DE LAS PROBETAS DE HORMIGÓN SIMPLE UTILIZADAS PARA LA EXPERIMENTACIÓN

PROBETAS DE HORMIGÓN SIMPLE: DESCRIPCIÓN	
Fecha de elaboración	12/04/2018
Número de especímenes	15
Forma	Cilíndrica
Altura teórica(cm)	30
Diámetro teórico(cm)	15
Resistencia esperada a los 28 días(kg/cm2)	210
Uso	Estructural
IMAGEN	
	

Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Resistencia a la compresión a los 28 días***

TABLA No 4.33.

RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE ELABORADAS LAS PROBETAS DE H.S

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS								
	Carga	Carga	Diametro 1	Diametro 2	D. Promedio	Sección	Resistencia	Falla
Muestra	KN	Kg	cm	cm	cm	cm2	kg/cm2	
1	373.3	38065.401	15.189	15.241	15.215	181.817	209.361	4
2	382.9	39044.313	15.259	15.364	15.3115	184.130	212.047	5
3	376.1	38350.917	15.298	15.294	15.296	183.758	208.704	5
Promedio	377.43						**210.037**	
IMAGEN								
								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.2.4.2. Probetas de hormigón Armado

- ***Descripción***

TABLA No 4.34.

DESCRIPCIÓN DE LAS PROBETAS DE HORMIGÓN ARMADO UTILIZADAS PARA LA EXPERIMENTACIÓN

PROBETAS DE+V19:Y43 HORMIGÓN ARMADO: DESCRIPCIÓN	
VARILLAS	
Tipo de varilla	Corrugada
Número de varillas por probeta	4
Diámetro de la varilla (mm)	12
Longitud de la varilla(mm)	300
Espaciamiento entre varillas(mm)	110
PROBETAS DE HORMIGÓN ARMADO	
Fecha de elaboración	12/04/2018
Número de especímenes	15
Forma	Cilíndrica
Altura teórica(cm)	30
Diámetro teórico(cm)	15
Resistencia esperada a los 28 días(kg/cm2)	210
Uso	Estructural
IMAGEN	
	

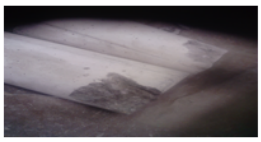
Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Resistencia a la compresión a los 28 días***

TABLA No 4.35.

RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE ELABORADAS LAS PROBETAS DE H.A

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS								
	Carga	Carga	Diametro 1	Diametro 2	D. Promedio	Sección	Resistencia	
Muestra	KN	Kg	cm	cm	cm	cm2	kg/cm2	Falla
1	370	37728.9	15.023	15.075	15.049	177.871	212.114	5
2	438	44662.86	15.106	15.08	15.093	178.913	249.635	5
3	325	33140.25	15.366	15.369	15.3675	185.480	178.673	5
Promedio	377.67						**213.474**	
IMAGEN								





Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.3. MUESTRAS DE MORTERO

4.3.1. Caracterización del árido fino

El árido fino utilizado para la elaboración del mortero es el mismo utilizado para elaborar el hormigón simple, cuyas características se muestran a continuación.

TABLA No 4.36.

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO UTILIZADO PARA LA MEZCLA DEL MORTERO

AGREGADO FINO UTILIZADO PARA MORTERO	
PESO UNITARIO COMPACTO (g/cm3)	1570,47
PESO UNITARIO SUELTO (g/cm3)	1463,09
GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	2,64
MÓDULO DE FINURA	2,7
CONTENIDO ORGÁNICO	Nulo
HUMEDAD (%)	5,24
ABSORCIÓN (%)	5,15
DESGASTE A LOS SULFATOS (%)	9,69

Elaborado por PAZOS.C, 2018

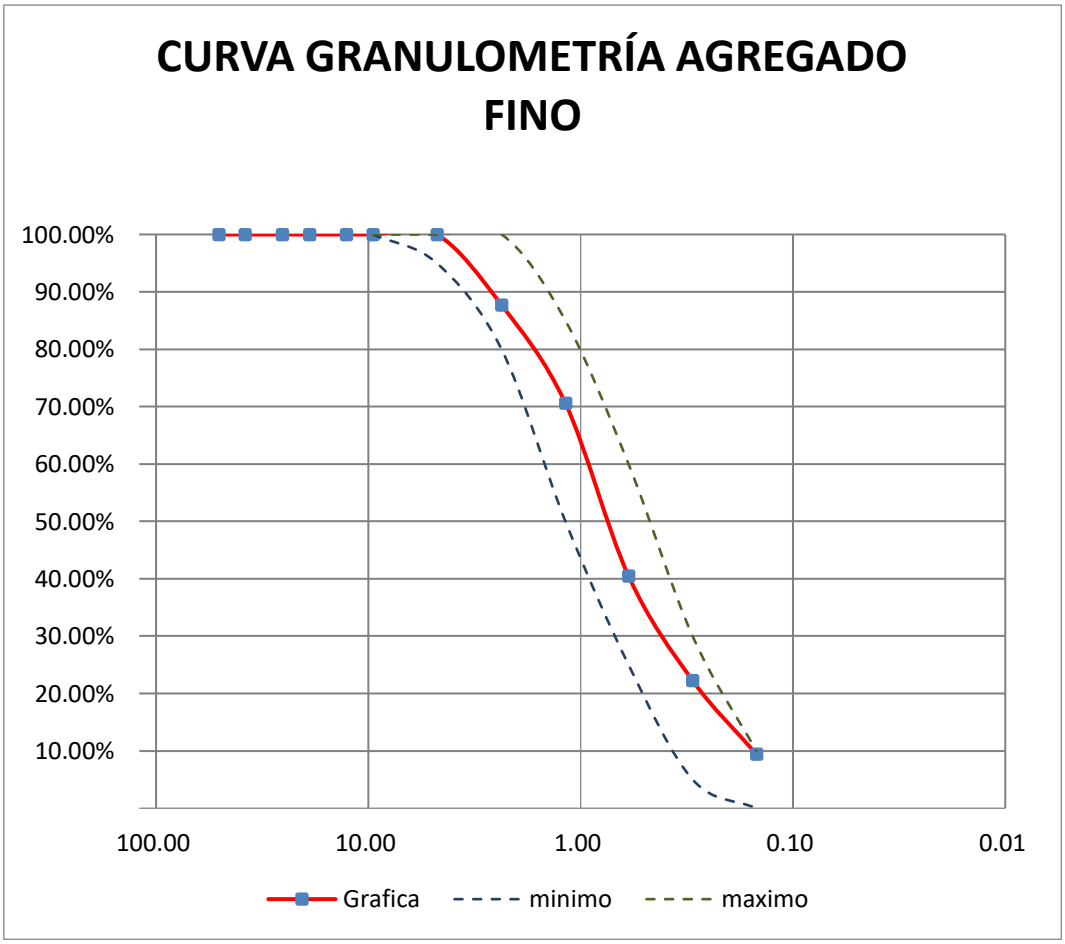


Figura 4.14. Granulometría del árido fino utilizado para mezcla de mortero

Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.3.2. Diseño de un mortero tipo M, con una resistencia de 210 kg/cm2

El mortero elegido para ser diseñado es un mortero tipo M, cuya resistencia mínima a la compresión es de 17,2 Mpa (175,39 Kg/cm2), este tipo de mortero es el máximo utilizado para mampostería según la norma INEN 2518.

El diseño se lo realizará en base a los gráficos proporcionados por la investigación del Ingeniero Rodrigo Salamanca en el laboratorio de ensayos e investigaciones de la Universidad Nacional de Bogotá.

- ***Consideraciones de Diseño***
  Resistencia de diseño de 210kg/cm2
  Fluidez de 110%, óptimo para tener un mortero plástico
- ***Procedimiento de diseño***
  En base al gráfico mostrado, y teniendo un módulo de finura de la arena de 2,7 se puede obtener la cantidad de cemento requerido en kg/m3

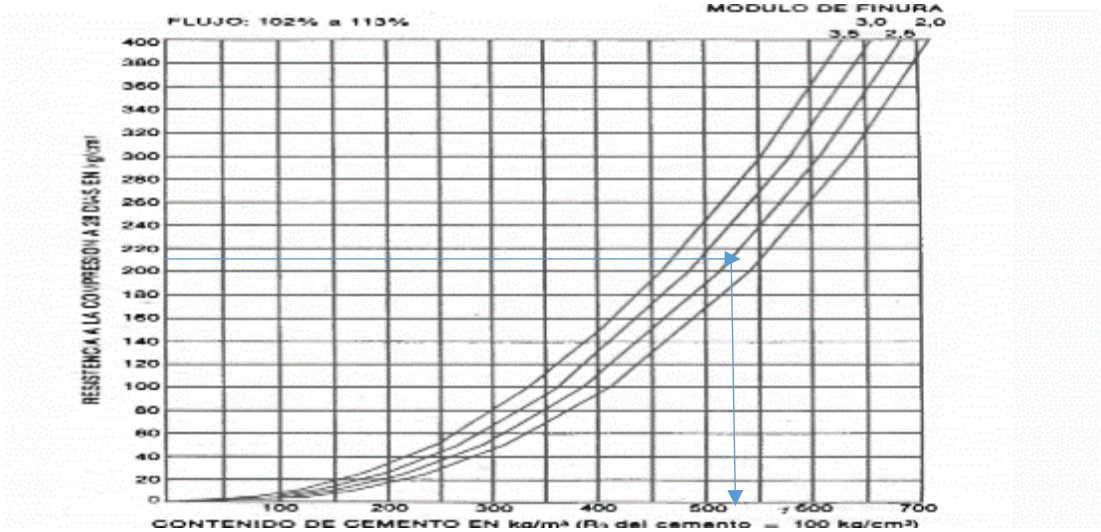


Figura 4.15. Relación entre la resistencia a la compresión y la cantidad de cemento
FUENTE: (SALAMANCA & GALVIS, 2015)

TABLA No 4.37.
CANTIDAD DE CEMENTO UTILIZADO EN LA MEZCLA DE MORTERO

Cemento en mezcla de mortero	
MF	2,7
Resistencia(kg/cm2)	210
Fluidez	110%
Cantidad de cemento(kg/cm3)	**550**

Elaborado por PAZOS.C, 2018

A continuación se calcula la relación agua-cemento en base a la resistencia a la compresión del mortero mediante la siguiente gráfica

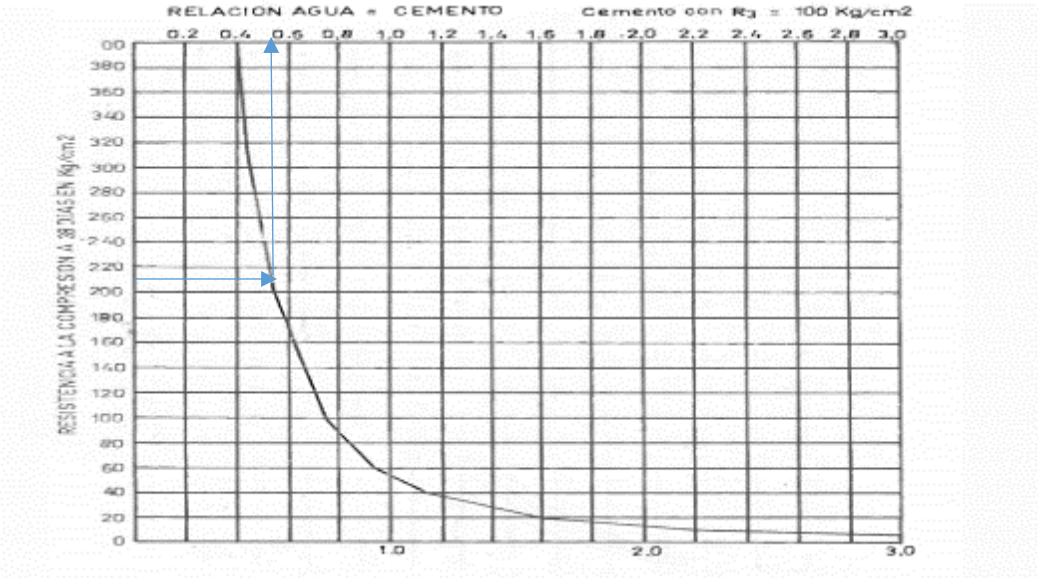


Figura 4.16. Relación entre la resistencia a la compresión en morteros y su relación agua-cemento FUENTE: (SALAMANCA & GALVIS, 2015)

Con una resistencia de diseño de 210kg/cm2 se obtuvo una relación a/c de 0,52 aproximadamente.

A continuación se procede a calcular la cantidad de agua mediante la siguiente operación.

$$Cantidad\ de\ agua = R\frac{a}{c} * Cantidad\ de\ Cemento \quad \text{Ec 3.6.}$$

$$Cantidad\ de\ agua = 0{,}52 * 550 kg/m^3$$

$$Cantidad\ de\ agua = 302{,}5\ kg/m^3$$

Para el cálculo de la cantidad de arena a utilizarse se realizan los siguientes cálculos

$$Volumen\ de\ cemento = \frac{Cantidad\ de\ cemento\ en\ kg/m^3}{gravedad\ específica\ del\ cemento} \quad \text{Ec 3.7.}$$

$$Volumen\ de\ cemento = \frac{550\ kg/m^3}{3150}$$

$$Volumen\ de\ cemento = 0{,}175\ m^3\ por\ m^3 de\ mortero$$

Considerando una cantidad de volumen de aire de 3,5%, menor al del hormigón en 1% obtenemos el volumen de la arena necesaria de la siguiente manera

$$Varena = 1 - Vcemento - Vagua - Vaire \quad \text{Ec 3.8.}$$

$$Varena = 1 - 0{,}175 - 0{,}3025 - 0{,}035$$

$$Varena = 0{,}488\ m^3 por\ m^3\ de\ mortero$$

Donde el peso de la arena se lo calcula de la siguiente manera

$$Pde\ arena = 2{,}64x0{,}488$$

$$P\ de\ arena = 1288{,}05\ kg\ por\ m^3 de\ mortero$$

TABLA 4. 38.

RESUMEN DE LA DOSIFICACIÓN AL PESO DEL MORTERO UTILIZADO EN LA EXPERIMENTACIÓN

RESUMEN	
CEMENTO(Kg/m3)	550
ARENA(Kg/m3)	1288,05
AGUA(Kg/m3)	302,5

CANTIDADES PARA ENSAYO	
PROBETAS CÚBICAS	
ARISTA(cm)	5
Volumen(m3)	0,000125
No de probetas	10
Volumen total(m3)	0,00125
Cemento(g)	687,5
Arena(g)	1610,06
Agua(g)	378,125

Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.3.3. Características de probetas de mortero para experimentación

- ***Descripción***

TABLA No 4.39.

DESCRIPCIÓN DE LAS PROBETAS DE MORTERO UTILIZADAS PARA LA EXPERIMENTACIÓN

PROBETAS DE MORTERO: DESCRIPCIÓN	
Fecha de elaboración	12/04/2018
Número de especímenes	10
Forma	Cúbica
Tipo	M
Arista teórica	5cm
Resistencia esperada a los 28 días(kg/cm2)	210
Uso	Mampostería Impermeabilizaciones
IMAGEN	
	

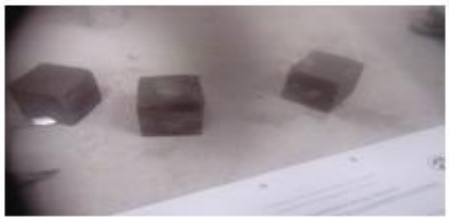
Elaborado por PAZOS.C, 2018

- ***Ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días***

TABLA No 4.40.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE EN MORTEROS A LOS 28 DÍAS

	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS					
	Carga	Carga	Largo	ancho	Sección	Resistencia
Muestra	N	Kg	cm	cm	cm2	kg/cm2
1	67804	6913.974	5.17	4.99	25.798	268.001
2	65187	6647.118	5.183	5.21	27.003	246.158
Promedio						**257.080**
IMAGEN						





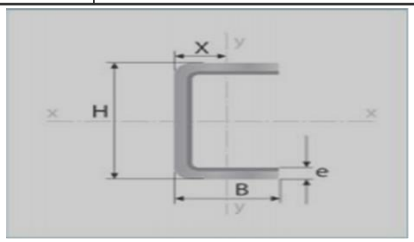
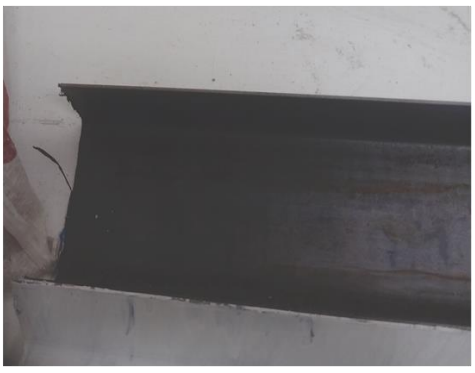
Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.4. MUESTRAS DE PERFILERÍA METÁLICA

4.4.1. Características de las muestras de perfilería utilizadas para la experimentación.

- ***Descripción***

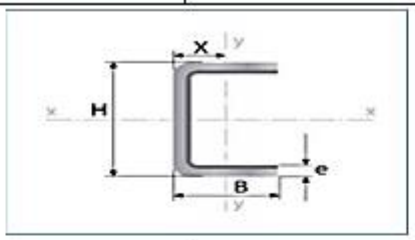
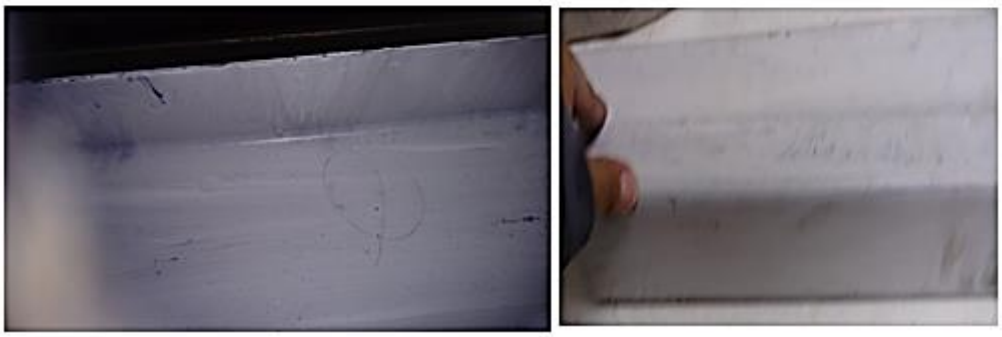
TABLA No 4.41.
DESCRIPCIÓN DE PERFIL TIPO U SIN PINTURA ANTICORROSIVA

PERFILERÍA METÁLICA: PROBETA 1	
TIPO DE ACERO	ASTM A36
TIPO DE PERFIL ESTRUCTURAL	Canal " U"
	
DIMENSIÓN H (mm)	100
DIMENSIÓN B (mm	50
DIMENSIÓN e (mm)	2
PESO (kg/m)	3,04
ÁREA (cm^2)	3,87
LONGITUD COMERCIAL(m)	6m
LONGITUD DE PROBETA(cm)	60
RECUBRIMIENTO	NO
NÚMERO DE PROBETAS	1
USO	Estructuras para cubiertas
	Estructuras para galpones
	Conformado de elementos estructurales
CONDICIONES INICIALES DEL PERFIL	
 	

Elaborado por PAZOS. C, 2018

TABLA No 4.42.

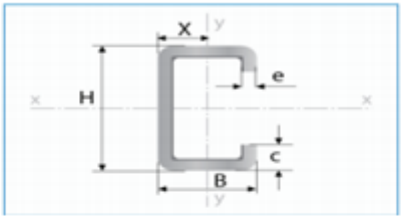
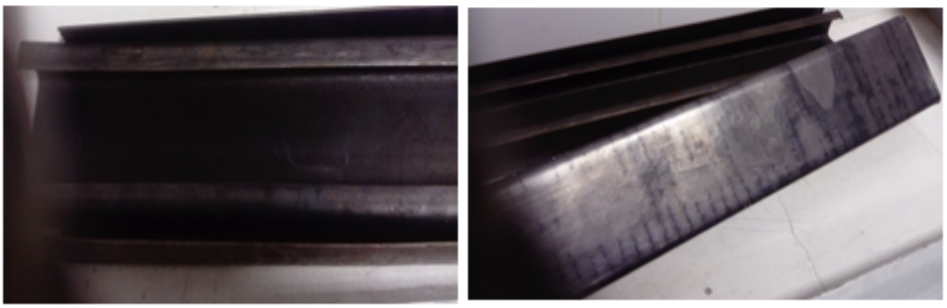
DESCRIPCIÓN DE PERFIL TIPO U CON PINTURA ANTICORROSIVA

PERFILERÍA METÁLICA: PROBETA 2	
TIPO DE ACERO	ASTM A36
TIPO DE PERFIL ESTRUCTURAL	Canal " U"
	
DIMENSIÓN H (mm)	100
DIMENSIÓN B (mm	50
DIMENSIÓN e (mm)	2
PESO (kg/m)	3,04
ÁREA (cm^2)	3,87
LONGITUD COMERCIAL(m)	6m
LONGITUD DE PROBETA(cm)	60
RECUBRIMIENTO	Pintura anticorrosiva(Color blanco mate)
NÚMERO DE PROBETAS	1
USO	Estructuras para cubiertas
	Estructuras para galpones
	Conformado de elementos estructurales
CONDICIONES INICIALES DEL PERFIL	
	

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 4.43.

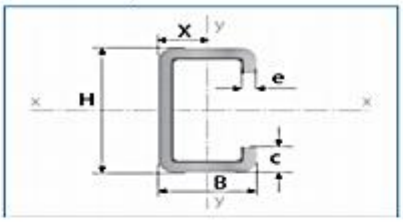
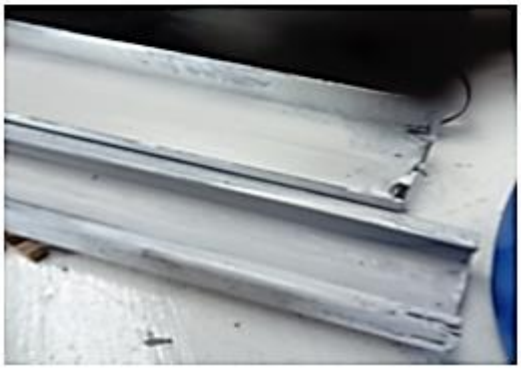
DESCRIPCIÓN DE PERFIL TIPO G SIN PINTURA ANTICORROSIVA

PERFILERÍA METÁLICA: PROBETA 3	
TIPO DE ACERO	ASTM A36
TIPO DE PERFIL ESTRUCTURAL	CORREA " G"
	
DIMENSIÓN H (mm)	80
DIMENSIÓN B (mm)	40
DIMENSIÓN C (mm)	15
DIMENSIÓN e (mm)	2
PESO (kg/m)	16,66
ÁREA (cm^2)	3,54
LONGITUD COMERCIAL(m)	6m
LONGITUD DE PROBETA(cm)	60
RECUBRIMIENTO	NO
NÚMERO DE PROBETAS	1
USO	Estructuras para cubiertas
	Estructuras para galpones
	Conformado de elementos estructurales
CONDICIONES INICIALES DEL PERFIL	
	

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 4.44.

DESCRIPCIÓN DE PERFIL TIPO G CON PINTURA ANTICORROSIVA

PERFILERÍA METÁLICA: PROBETA 4	
TIPO DE ACERO	ASTM A36
TIPO DE PERFIL ESTRUCTURAL	CORREA " G"
	
DIMENSIÓN H (mm)	80
DIMENSIÓN B (mm)	40
DIMENSIÓN C (mm)	15
DIMENSIÓN e (mm)	2
PESO (kg/m)	16,66
ÁREA (cm^2)	3,54
LONGITUD COMERCIAL(m)	6m
LONGITUD DE PROBETA(cm)	60
RECUBRIMIENTO	Pintura anticorrosiva(Color blanco mate)
NÚMERO DE PROBETAS	1
USO	Estructuras para cubiertas
	Estructuras para galpones
	Conformado de elementos estructurales
CONDICIONES INICIALES DEL PERFIL	
	

Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.5. MUESTRAS DE MADERA

4.5.1. Características de las muestras de madera utilizadas para la experimentación

TABLA No 4.45.

DESCRIPCIÓN DE MUESTRASDE MADERA UTILIZADAS PARA LA EXPERIMENTACIÓN

PROBETAS DE MADERA				
	ENSAYOS			
CARACTERÍSTICAS	Comp. perpendicular a la fibra	Comp. paralela a la fibra	Flexión	Humedad
MADERA UTILIZADA	Colorado	Colorado	Colorado	Colorado
CLASIFICACIÓN NEC	A	A	A	A
FORMA DE PROBETA	Prismática	Prismática	Prismática	Prismática
LARGO TEÓRICO(cm)	15	20	75	1,5
ANCHO TEÓRICO(cm)	5	5	5	1
ALTURA TEÓRICA(cm)	5	5	5	1
NÚMERO DE PROBETAS	15	15	5	50
USO	. Vigas Estructurales . Columnas Estructurales . Vigas para cubiertas o losas de entrepisos			
IMAGEN				

Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.5.2. Compresión paralela a la fibra

TABLA No 4.46.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA EN LAS MUESTRAS INICIALES DE MADERA

	Compresión paralela a la fibra				
Muestra	Carga (N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Resistencia(kg/cm2)	Falla
1	113502	5,066	4,886	467,43	e) Corte y rajadura
2	129859	4,967	5,05	527,74	c) Corte
3	95153	5,021	5,006	385,90	a) Aplastamiento
Promedio	112838,00			**460,35**	



Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.5.3. Compresión perpendicular a la fibra

TABLA No 4.47.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA EN LAS MUESTRAS INICIALES DE MADERA

	Compresión perpendicular a la fibra			
Muestra	Carga(N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Resistencia(kg/cm2)
1	48796	4,873	4,871	209,556
2	53217	5,004	4,858	223,155
3	54896	5	5,029	222,546
Promedio	52303,00			**218,419**



Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.5.4. Flexión

TABLA 4.48.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN EN LAS MUESTRAS INICIALES DE MADERA

	Flexión			
Muestra	Carga (N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Distancia entre apoyos(cm)
1	11456	5,007	4,988	70
	M(kg.cm)	I(cm4)	c (cm)	Resistencia(kg/cm2)
	20436,2895	51,7816255	2,494	**984,289**
FALLA	C		Corte transversal a la fibra	



Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.5.5. Humedad en madera

TABLA 4.49.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE HUMEDAD EN LAS MUESTRAS INICIALES DE MADERA

	Humedad		
	M. Húmeda	M. Seca	Humedad
Muestra	g	g	%
1	1,34	1,2	11,67
2	1,39	1,2	15,83
3	1,44	1,2	20,00
4	1,42	1,3	9,23
5	1,38	1,2	15,00
6	1,34	1,1	21,82
7	1,36	1,2	13,33
8	1,37	1,2	14,17
9	1,46	1,2	21,67
10	1,28	1,1	16,36
HUMEDAD %	**15,91**		

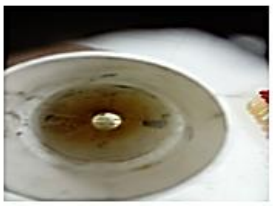
Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.6. MUESTRAS DE PLÁSTICO

4.6.1. Características de las muestras de plástico utilizadas para la experimentación

TABLA 4.50.

DESCRIPCIÓN DE PROBETAS DE PLÁSTICO UTILIZADAS PARA LA EXPERIMENTACIÓN

PROBETAS DE POLICARBONATO		PROBETAS DE PVC	
FORMA	Tipo placa	FORMA	Tubo
NÚMERO DE PROBETAS	5	NÚMERO DE PROBETAS	1
ANCHO (cm)	9	DIÁMETRO(mm)	75
LARGO(cm)	50	LARGO(cm)	60
ESPESOR(cm)	0,8	LONGITUD COMERCIAL(m)	6
SECCION TRANSVERSAL		USO	Tubería para sistemas de drenaje y ventilación
LARGO COMERCIAL (cm)	500		
ANCHO COMERCIAL(cm)	100-200		
COLOR	Blanco	IMAGEN DE PROBETA	
USO	Cubiertas, techados y fachadas		
IMAGEN DE PROBETAS			
			

Elaborado por PAZOS.C, 2018

4.6.2. Flexión en policarbonato.

TABLA NO 4.51.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN EN LAS MUESTRAS INICIALES DE PLÁSTICO

FLEXIÓN EN POLICARBONATO	
Carga (N)	194,37
Ancho (cm)	87,6
Alto(cm)	0,808
Distancia entre apoyos(cm)	48
M(kg.cm)	217,49
Espesor de cuadros internos(cm)	0,1
Ancho de cuadrados Internos(cm)	1
Número de cuadrados internos	8
Inercia Externa (1 cuadrado)(cm^4)	0,044
Inercia Interna (1 cuadrado) (cm^4)	0,015
Inercia total(cm^4)	0,232
c (cm)	0,404
Resistencia(kg/cm2)	414,379
Deflexión en centro de la luz(cm)	2,7
	

Elaborado por PAZOS.C, 2018

CAPÍTULO 5: RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN

5.1. HORMIGÓN

5.1.1. Hormigón Simple

5.1.1.1. Resultados de la experimentación mecánica

TABLA No 5.1.

RESULTADOS MECÁNICOS OBTENIDOS DE LA EXPERIMENTACIÓN EN HORMIGÓN SIMPLE

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO SIMPLE EN CADA CICLO DE PRUEBA								
Estado Inicial								
	Carga	Carga	Diametro 1	Diametro 2	D. Promedio	Sección	Resistencia	Falla
Muestra	KN	Kg	cm	cm	cm	cm2	kg/cm2	4(Cara cóncava o deficiencia del material)
1	373.3	38065.401	15.189	15.241	15.215	181.817	209.361	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
2	382.9	39044.313	15.259	15.364	15.312	184.130	212.047	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
3	376.1	38350.917	15.298	15.294	15.296	183.758	208.704	
Promedio	377.43						**210.037**	
5 años simulados								
	Carga	Carga	Diametro 1	Diametro 2	D. Promedio	Sección	Resistencia	Falla
Muestra	KN	Kg	cm	cm	cm	cm2	kg/cm2	
1	538.4	54900.648	15.355	15.301	15.328	184.527	297.520	4(Cara cóncava o deficiencia del material)
2	495.2	50495.544	15.013	15.008	15.011	176.962	285.347	4(Cara cóncava o deficiencia del material)
3	580.7	59213.979	15.342	15.368	15.355	185.178	319.768	4(Cara cóncava o deficiencia del material)
Promedio	538.10	54870.057					**300.878**	
10 años simulados								
	Carga	Carga	Diametro 1	Diametro 2	D. Promedio	Sección	Resistencia	Falla
Muestra	KN	Kg	cm	cm	cm	cm2	kg/cm2	
1	666.1	67922.217	15.185	15.127	15.156	180.409	376.489	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
2	649.5	66229.515	15.352	15.254	15.303	183.926	360.088	4(Cara cóncava o deficiencia del material)
3	612.4	62446.428	15.222	15.155	15.189	181.184	344.658	4(Cara cóncava o deficiencia del material)
Promedio	642.67	65532.72					**360.412**	
15 años simulados								
	Carga	Carga	Diametro 1	Diametro 2	D. Promedio	Sección	Resistencia	Falla
Muestra	KN	Kg	cm	cm	cm	cm2	kg/cm2	
1	538.2	54880.254	14.988	14.955	14.972	176.044	311.742	2(Aplicación de carga excedida o al límite de especificaciones)
2	594	60570.18	15.285	15.223	15.254	182.750	331.437	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
3	597.7	60947.469	15.165	15.17	15.168	180.683	337.317	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
Promedio	576.63	58799.301					**326.832**	
20 años simulados								
	Carga	Carga	Diametro 1	Diametro 2	D. Promedio	Sección	Resistencia	Falla
Muestra	KN	Kg	cm	cm	cm	cm2	kg/cm2	
1	653.4	66627.198	15.147	15.189	15.168	180.695	368.727	4(Cara cóncava o deficiencia del material)
2	641.7	65434.149	15.215	15.17	15.193	181.279	360.958	4(Cara cóncava o deficiencia del material)
3	651.2	66402.864	15.153	15.227	15.190	181.220	366.422	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
Promedio	648.77	66154.737					**365.369**	

RESUMEN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE HORMIGÓN SIMPLE	
Años Simulados	Resistencia a la compresión kg/ cm^2
0	210,037
5	300,878
10	360,412
15	326,832
20	365,369

Elaborado por PAZOS.C, 2018

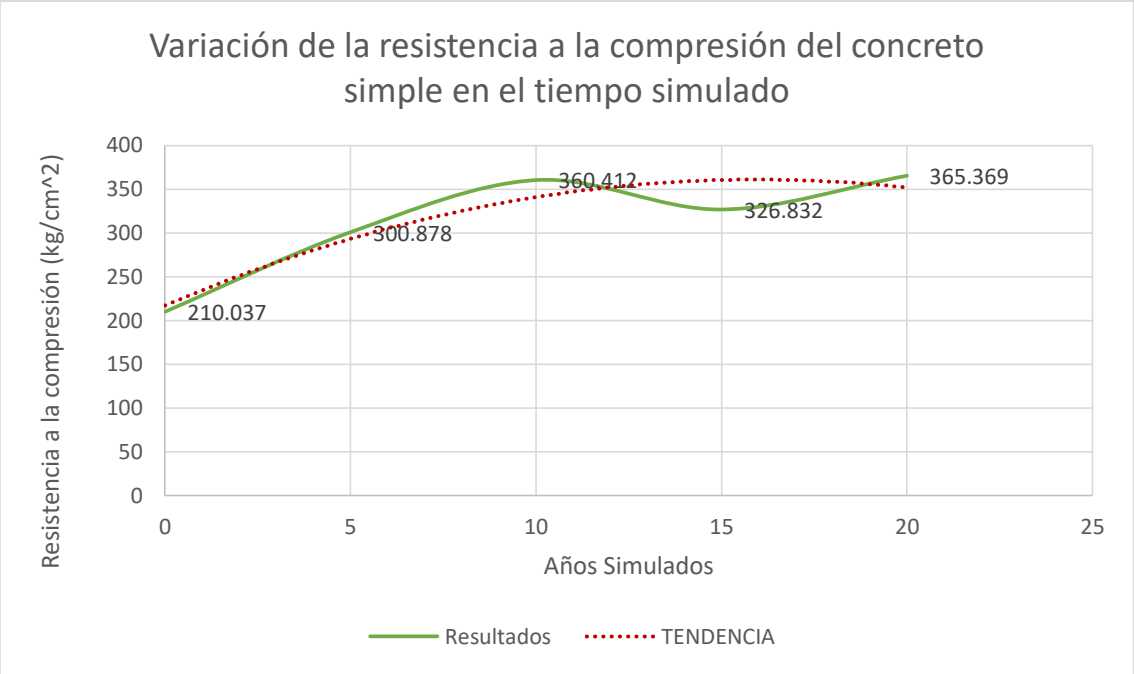


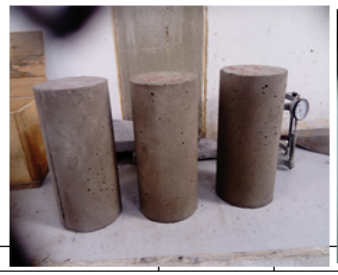
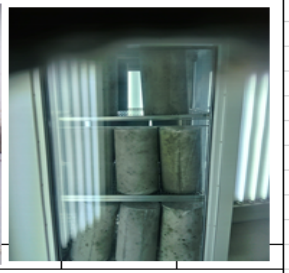
Figura 5.1. Variación en el tiempo de la resistencia a la compresión en hormigón simple
Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.1.1.2. Análisis patológico de muestras

5.1.1.2.1. Análisis del estado inicial de las muestras

TABLA No 5.2.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS INICIALES EN HORMIGÓN SIMPLE

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN HORMIGÓN SIMPLE								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	0	Fecha de experimentación			09/05/2018			
Número de probetas ensayadas	3	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)			0			
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	09/05/2018	Humedades y temperaturas aplicadas			% H	65 y 60	T ºc	35 y 15
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS								%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión simple	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	210,04	Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento kg/cm^2	210,04	Variación de resistencia	Igual	0
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Grietas o cuarteaduras			Contracción por secado					
Fisuras			Agregados con retracción					
Microfisuras			Ciclos de humedecimiento y secado					
Cuarteaduras en mapa			Contracción térmica inicial					
Delaminación y descascaramiento			Dilatación y contracción por temperatura					
Desintegración			Rayos UV					
Calcinación			Choque térmico					
Eflorescencias			Humedades y temperaturas altas					
Cultivos biológicos			Reacción alcali-agregados					
Carbonatación			Ataque de ácidos o sulfatos					
Ninguna	x		Ninguna	x				
OBSERVACIONES: Las muestras iniciales de hormigón simple no presentaron fisuras notables producidas por el fraguado, las muestras presentaron una cantidad de vacios considerable, tómese en cuenta que esto fue considerado en el diseño para hormigones expuestos moderadamente.								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.1.1.2.2. Análisis de las muestras en los 5 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.3.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN HORMIGÓN SIMPLE A LOS 5 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN HORMIGÓN SIMPLE								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	5	Fecha de experimentación			28/05/2018			
Número de probetas ensayadas	3	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)			19			
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	09/05/2018	Humedades y temperaturas aplicadas			% H	65 y 60	T ºc	35 y 15
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS								%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión simple	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	300,88	Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento kg/cm^2	210,04	Variación de resistencia	Aumentó	43,25

PATOLOGÍAS PRESENTADAS					
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA
Grietas o cuarteaduras			Contracción por secado		
Fisuras			Agregados con retracción		
Microfisuras			Ciclos de humedecimiento y secado	x	
Cuarteaduras en mapa			Contracción térmica inicial		
Delaminación y descascaramiento	x	Baja	Dilatación y contracción por temperatura		
Desintegración			Rayos UV	x	
Calcinación			Choque térmico	x	
Eflorescencias			Humedades y temperaturas altas	x	
Cultivos biológicos			Reacción alcali-agregados		
Carbonatación			Ataque de ácidos o sulfatos		
Ninguna					

OBSERVACIONES: Las muestras envejecidas a 5 años simulados presentaron pequeños desprendimientos en los bordes de las caras de los cilindros, sin embargo la resistencia a la compresión del hormigón aumentó en un 43,25%

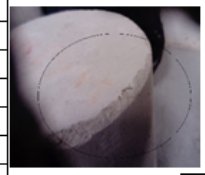
Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.1.1.2.3. Análisis de las muestras en los 10 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.4.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN HORMIGÓN SIMPLE A LOS 10 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN HORMIGÓN SIMPLE								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	10	Fecha de experimentación			18/06/2018			
Número de probetas ensayadas	3	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)			40			
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	09/05/2018	Humedades y temperaturas aplicadas			% H	65 y 60	T ºc	35 y 15
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS								%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión simple	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	360,41	Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento kg/cm^2	210,04	Variación de resistencia	Aumentó	71,59

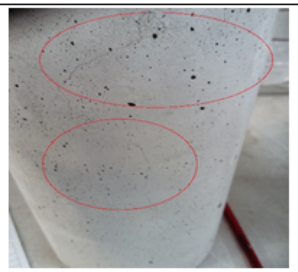
PATOLOGÍAS PRESENTADAS					
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA
Grietas o cuarteaduras			Contracción por secado	x	   
Fisuras			Agregados con retracción		
Microfisuras	x	Baja	Ciclos de humedecimiento y secado	x	
Cuarteaduras en mapa			Contracción térmica inicial		
Delaminación y descascaramiento	x	Baja	Dilatación y contracción por temperatura	x	
Desintegración			Rayos UV	x	
Calcinación			Choque térmico	x	
Eflorescencias			Humedades y temperaturas altas	x	
Cultivos biológicos			Reacción alcali-agregados		
Carbonatación			Ataque de ácidos o sulfatos		
Ninguna			Ninguna		
OBSERVACIONES: En las muestras experimentadas a los 10 años de envejecimiento acelerado se detectaron desprendimientos o descascaramiento en los bordes de las caras de las muestras, así como en una pequeña zona de su longitud, su resistencia a la compresión volvió a incrementarse, sin embargo su incremento no fue tan grande como en el ciclo anterior					

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.1.1.2.4. Análisis de las muestras en los 15 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.5.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN HORMIGÓN SIMPLE A LOS 15 AÑOS DE SIMULACIÓN

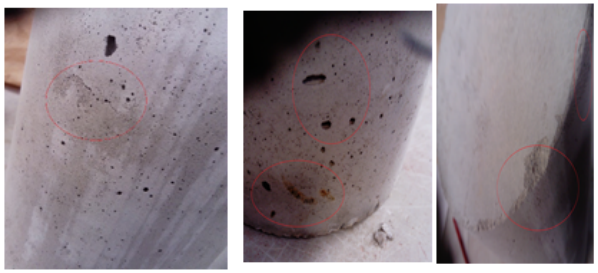
ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN HORMIGÓN SIMPLE								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	15	Fecha de experimentación		05/07/2018				
Número de probetas ensayadas	3	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		57,00				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	09/05/2018	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS								%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión simple	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	326,83	Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento	210,04	Variación de resistencia	Aumentó	55,60
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Grietas o cuarteaduras			Contracción por secado	x				
Fisuras	x	Moderada	Agregados con retracción					
Microfisuras			Ciclos de humedecimiento y secado	x				
Cuarteaduras en mapa			Contracción térmica inicial					
Delaminación y descascaramiento	x	Moderada	Dilatación y contracción por temperatura	x				
Desintegración	x	Baja	Rayos UV	x				
Calcinación			Choque térmico	x				
Eflorescencias			Humedades y temperaturas altas	x				
Cultivos biológicos			Reacción alcali-agregados					
Carbonatación			Ataque de ácidos o sulfatos					
OBSERVACIONES: En las muestras experimentadas a los 15 años de envejecimiento acelerado se detectaron desprendimientos o descascaramiento en gran parte de las caras de las muestras, su intensidad es superior al ciclo anterior, también se ha notado fisuras que se prolongan hasta más de la mitad de las muestras. Su resistencia a la compresión disminuyó respecto al ciclo anterior, sin embargo sigue siendo mayor a la resistencia inicial.								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.1.1.2.5. Análisis de las muestras en los 20 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.6.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN HORMIGÓN SIMPLE A LOS 20 AÑOS DE SIMULACIÓN

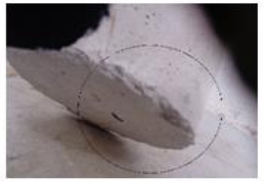
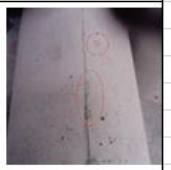
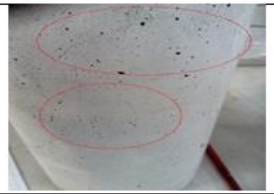
ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN HORMIGÓN SIMPLE								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	20	Fecha de experimentación			20/07/2018			
Número de probetas ensayadas	3	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)			72,00			
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	09/05/2018	Humedades y temperaturas aplicadas			% H	65 y 60	T ºc	35 y 15
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS								
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión simple	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	365,37	Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento	210,04	Variación de resistencia	Aumento	74
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Grietas o cuarteaduras			Contracción por secado	x				
Fisuras	x	Moderada	Agregados con retracción					
Microfisuras			Ciclos de humedecimiento y secado	x				
Cuarteaduras en mapa			Contracción térmica inicial					
Delaminación y descascaramiento	x	Moderada	Dilatación y contracción por temperatura	x				
Desintegración	x	Moderada	Rayos UV	x				
Calcinación	x	Baja	Choque térmico	x				
Eflorescencias			Humedades y temperaturas altas	x				
Cultivos biológicos			Reacción alcali-agregados					
Carbonatación			Ataque de ácidos o sulfatos					
OBSERVACIONES: En las muestras experimentadas a los 20 años de envejecimiento acelerado se detectaron desprendimientos o descascaramiento en gran parte de las caras de las muestras, su intensidad es similar al ciclo anterior, también se ha notado fisuras que se prolongan hasta más de la mitad de las muestras y un bajo grado de calcinación. Su resistencia a la compresión aumentó respecto al ciclo anterior y su resistencia a la comresión es mayor al estado inicial en 74%.								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.1.1.2.6. Resumen del análisis patológico de las muestras ensayadas

TABLA No 5.7.

RESUMEN DEL ANÁLISIS PATOLÓGICO EN MUESTRAS DE HORMIGÓN SIMPLE

RESUMEN DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS										
MATERIAL: HORMIGÓN SIMPLE										
ESTADO INICIAL			5 AÑOS SIMULADOS				10 AÑOS SIMULADOS			
 			 				  			
Patologías Encontradas	Ninguna		Patologías Encontradas	Delaminación y descascaramiento			Patologías Encontradas	Microfisuras Delaminación y descascaramiento		
Degradación física	Sin degradación		Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior			Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior Mayor al estado inicial		
Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial	0	Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial	43,25		Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial	71,59	
	Respecto al ciclo anterior	0		Respecto al ciclo anterior	43,25			Respecto al ciclo anterior	28,34	
15 AÑOS SIMULADOS				20 AÑOS SIMULADOS						
 				  						
Patologías Encontradas	Fisuras	Desintegración		Patologías Encontradas	Fisuras	Desintegración				
	Delaminación y descascaramiento				Delaminación y descascaramiento	Calcinación				
Degradación física	Mayor respecto al estado inicial Mayor respecto al ciclo anterior			Degradación física	Mayor respecto al estado inicial Mayor respecto al ciclo anterior					
Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial	55,60		Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial	74				
	Respecto al ciclo anterior	-15,99			Respecto al ciclo anterior	18,35				

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.1.2. Hormigón Armado

5.1.2.1. Resultados de la experimentación mecánica

TABLA No 5.8.

RESULTADOS MECÁNICOS OBTENIDOS DE LA EXPERIMENTACIÓN EN HORMIGÓN ARMADO

RESULTADOS INICIALES DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO ARMADO								
Estado Inicial								
	Carga	Carga	Diametro 1	Diametro 2	D. Promedio	Sección	Resistencia	Falla
Muestra	KN	Kg	cm	cm	cm	cm2	kg/cm2	
1	370	37728.9	15.023	15.075	15.049	177.871	212.114	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
2	438	44662.86	15.106	15.08	15.093	178.913	249.635	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
3	325	33140.25	15.366	15.369	15.3675	185.480	178.673	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
Promedio	377.67	38510.67					**213.474**	
5 años simulados								
	Carga	Carga	Diametro 1	Diametro 2	D. Promedio	Sección	Resistencia	Falla
Muestra	KN	Kg	cm	cm	cm	cm2	kg/cm2	
1	424	43235.28	15.406	15.214	15.31	184.094	234.854	4(Cara cóncava o deficiencia del material)
2	386	39360.42	15.144	15.237	15.1905	181.232	217.183	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
3	334.7	34129.359	14.997	15.134	15.0655	178.261	191.457	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
Promedio	381.57	38908.353					**214.498**	
10 años simulados								
	Carga	Carga	Diametro 1	Diametro 2	D. Promedio	Sección	Resistencia	Falla
Muestra	KN	Kg	cm	cm	cm	cm2	kg/cm2	
1	321.88	32822.1036	15.24	15.194	15.217	181.865	180.476	6(Cara convexa o deficiencia del material)
2	388.8	39645.936	15.311	15.297	15.304	183.950	215.526	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
3	455.3	46426.941	15.329	15.454	15.3915	186.059	249.527	2(Aplicación de carga excedida o al límite de especificaciones)
Promedio	388.66	39631.6602					**215.176**	
15 años simulados								
	Carga	Carga	Diametro 1	Diametro 2	D. Promedio	Sección	Resistencia	Falla
Muestra	KN	Kg	cm	cm	cm	cm2	kg/cm2	
1	283.6	28918.692	15.039	15.001	15.02	177.186	163.211	6(Cara convexa o deficiencia del material)
2	345.4	35220.438	14.908	14.972	14.94	175.304	200.911	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
3	318.4	32467.248	15.166	15.163	15.1645	180.612	179.763	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
Promedio	315.80	32202.126					**181.295**	
20 años simulados								
	Carga	Carga	Diametro 1	Diametro 2	D. Promedio	Sección	Resistencia	Falla
Muestra	KN	Kg	cm	cm	cm	cm2	kg/cm2	
1	275.5	28092.735	15.147	15.189	15.168	180.695	155.470	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
2	459.1	46814.427	15.215	15.17	15.1925	181.279	258.245	6(Cara convexa o deficiencia del material)
3	401.2	40910.364	15.153	15.227	15.19	181.220	225.750	2(Aplicación de carga excedida o al límite de especificaciones)
Promedio	378.60	38605.842					**213.155**	

RESULTADOS CORREGIDOS FINALES A LOS 15 Y 20 AÑOS DE SIMULACIÓN								
15 años simulados								
	Carga	Carga	Diametro 1	Diametro 2	D. Promedio	Sección	Resistencia	Falla
Muestra	KN	Kg	cm	cm	cm	cm2	kg/cm2	
1	666.7	67983.399	15.114	15.081	15.0975	179.019	379.754	2(Aplicación de carga excedida o al límite de especificaciones)
2	634.2	64669.374	15.066	15.084	15.075	178.486	362.322	2(Aplicación de carga excedida o al límite de especificaciones)
3	628.4	64077.948	15.323	15.301	15.312	184.142	347.980	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
Promedio	643.10	65576.907					**363.352**	
20 años simulados								
	Carga	Carga	Diametro 1	Diametro 2	D. Promedio	Sección	Resistencia	Falla
Muestra	KN	Kg	cm	cm	cm	cm2	kg/cm2	
1	683.7	69716.889	15.147	15.189	15.168	180.695	385.826	2(Aplicación de carga excedida o al límite de especificaciones)
2	742.3	75692.331	15.215	15.17	15.1925	181.279	417.545	4(Cara cóncava o deficiencia del material)
3	732	74642.04	15.153	15.227	15.19	181.220	411.887	5(Concentraciones de esfuerzo o rugosidades en plato)
Promedio	719.33	73350.42					**405.086**	

RESUMEN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE HORMIGÓN ARMADO	
RESULTADOS INICIALES	
Años Simulados	Resistencia a la compresión kg/cm^2
0	213,474
5	214,498
10	215,176
15	181,295
20	213,474
RESULTADOS FINALES CORREGIDOS	
15	363,352
20	405,086

Elaborado por PAZOS.C, 2018

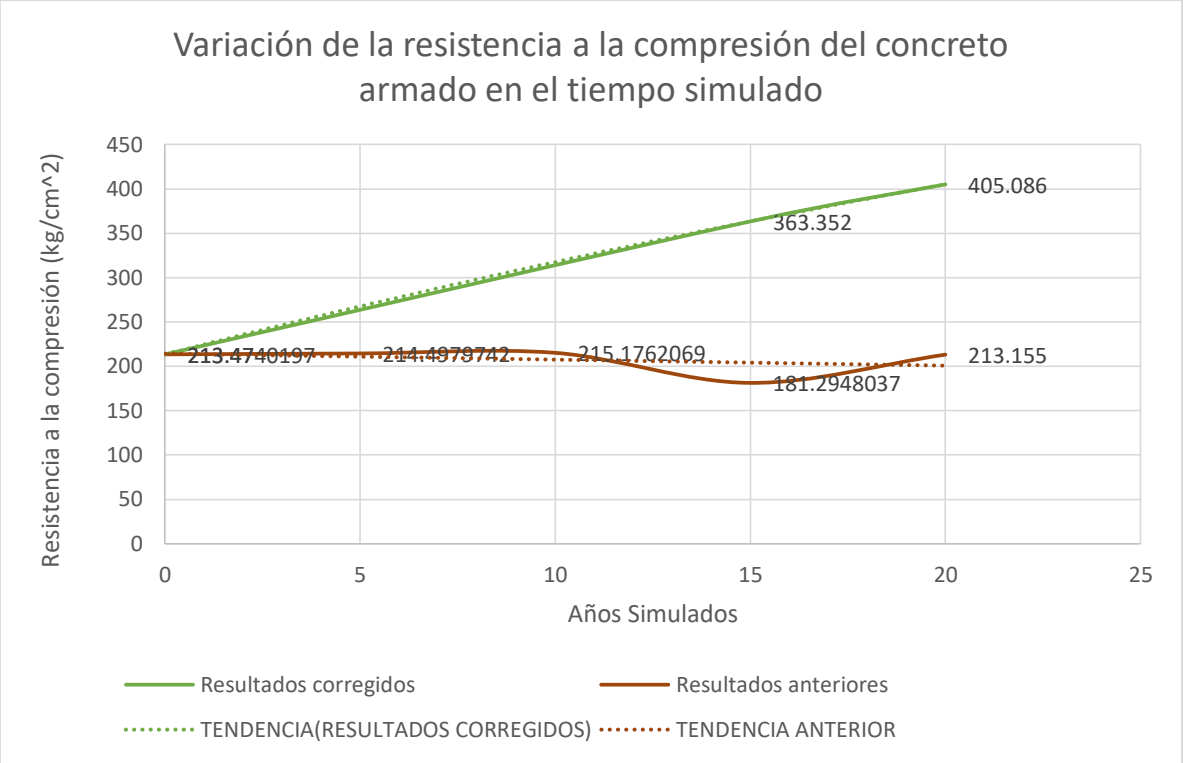


Figura 5.2. Variación en el tiempo de la resistencia a la compresión en hormigón armado
Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.1.2.2. Análisis patológico de muestras

5.1.2.2.1. Análisis del estado inicial de las muestras

TABLA No 5.9.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS INICIALES EN HORMIGÓN ARMADO

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN HORMIGÓN ARMADO								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	0	Fecha de experimentación			15/12/2017			
Número de probetas ensayadas	3	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)			0			
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas			% H	65 y 60	T ºc	35 y 15
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS								%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión simple	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	213,47	Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento kg/cm^2	213,47	Variación de resistencia	Igual	0

PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN LA ESTRUCTURA DEL HORMIGÓN					
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA
Grietas o cuarteaduras			Contracción por secado		
Fisuras			Agregados con retracción		
Microfisuras			Ciclos de humedecimiento y secado		
Cuarteaduras en mapa			Contracción térmica inicial		
Delaminación y descascaramiento			Dilatación y contracción por temperatura		
Desintegración			Rayos UV		
Calcinación			Choque térmico		
Eflorescencias			Humedades y temperaturas altas		
Cultivos biológicos			Reacción alcali-agregados		
Carbonatación			Ataque de ácidos o sulfatos		
Ninguna	x		Ninguna	x	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN LA VARILLA DE REFUERZO					
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA
Corrosión uniforme			Alcalinidad		
Corrosión localizada	x	Baja	Cloruros		
Corrosión por picadura			Permeabilidad del recubrimiento	x	
Corrosión por resquicio			Espesor del recubrimiento	x	
Corrosión bajo esfuerzo			Despasivación del área de fisuras		
Corrosión atmosférica			Cambios térmicos y de humedad en el concreto	x	
Corrosión directa			Rayos UV		
Corrosión microbiológica			Ninguna		
Ninguna					

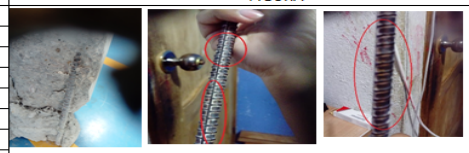
OBSERVACIONES: Las muestras de hormigón armado no presentaban lesiones previas al ensayo de compresión simple, al igual que las muestras de hormigón simple, estas presentaban gran cantidad de vacíos. Las varillas de refuerzo presentaban un bajo nivel de corrosión localizado en la zona de corte de la varilla, esto pudo ocasionarse durante el fraguado

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.1.2.2.2. Análisis de las muestras en los 5 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.10.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN HORMIGÓN ARMADO A LOS 5 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN HORMIGÓN ARMADO									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados		5	Fecha de experimentación		04/01/2018				
Número de probetas ensayadas		3	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		20				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento		15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS									%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión simple		Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	214,5	Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento kg/cm^2	213,47	Variación de resistencia		0,4825034
PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN LA ESTRUCTURA DEL HORMIGÓN									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Grietas o cuarteaduras			Contracción por secado						
Fisuras			Agregados con retracción						
Microfisuras			Ciclos de humedecimiento y secado	x					
Cuarteaduras en mapa			Contracción térmica inicial						
Delaminación y descascaramiento	x	Baja	Dilatación y contracción por temperatura						
Desintegración			Rayos UV	x					
Calcinación			Choque térmico	x					
Eflorescencias			Humedades y temperaturas altas	x					
Cultivos biológicos			Reacción alcali-agregados						
Carbonatación			Ataque de ácidos o sulfatos						
PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN LA VARILLA DE REFUERZO									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Corrosión uniforme	x	Baja	Alcalinidad						
Corrosión localizada			Cloruros						
Corrosión por picadura			Permeabilidad del recubrimiento	x					
Corrosión por resquicio			Espesor del recubrimiento	x					
Corrosión bajo esfuerzo			Despasivación del área de fisuras						
Corrosión atmosférica	x	Baja	Cambios térmicos y de humedad en el concreto	x					
Corrosión directa			Rayos UV	x					
Corrosión microbiológica									
OBSERVACIONES: Las muestras de hormigón armado sometidas a envejecimiento acelerado durante 5 años simulados presentaron descascaramiento en los bordes de las muestras del cilindro, esta lesión es muy superficial por lo que no se considera sumamente perjudicial. La resistencia a la compresión aumento 0,48% respecto a las muestras iniciales. La varillas presento un nivel corrosivo bajo pero a lo largo de la varilla a diferencia de la corrosión presentada inicialmente									

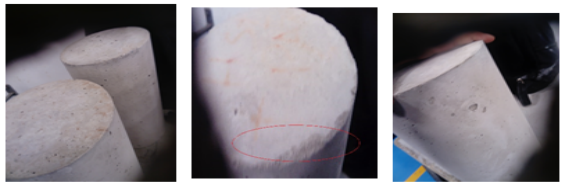
Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.1.2.2.3. Análisis de las muestras en los 10 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.11.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN HORMIGÓN ARMADO A LOS 10 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN HORMIGÓN ARMADO									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados	10		Fecha de experimentación		25/01/2018				
Número de probetas ensayadas	3		Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		41				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017		Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS								%	
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión simple		Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	215,18	Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento kg/cm^2	213,47	Variación de resistencia	Aumento	0,80
PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN LA ESTRUCTURA DEL HORMIGÓN									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Grietas o cuarteaduras			Contracción por secado						
Fisuras			Agregados con retracción						
Microfisuras			Ciclos de humedecimiento y secado	x					
Cuarteaduras en mapa			Contracción térmica inicial						
Delaminación y descascaramiento	x	Baja	Dilatación y contracción por temperatura						
Desintegración			Rayos UV	x					
Calcinación			Choque térmico	x					
Eflorescencias			Humedades y temperaturas altas	x					
Cultivos biológicos			Reacción alcali-agregados						
Carbonatación			Ataque de ácidos o sulfatos						
Ninguna			Ninguna						
PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN LA VARILLA DE REFUERZO									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Corrosión uniforme	x	Baja	Alcalinidad						
Corrosión localizada			Cloruros						
Corrosión por picadura	x	Baja	Permeabilidad del recubrimiento	x					
Corrosión por resquicio			Espesor del recubrimiento	x					
Corrosión bajo esfuerzo			Despasivación del área de fisuras						
Corrosión atmosférica	x	Baja	Cambios térmicos y de humedad en el concreto	x					
Corrosión directa			Rayos UV	x					
Corrosión microbiológica									
OBSERVACIONES: Las muestras de hormigón armado envejecidas 10 años, presentaron descascaramiento en su superficie sin ser de considerable profundidad. La resistencia a la compresión se incrementó respecto a su estado inicial, pero con una variación menor respecto al último ciclo. Todas las varillas utilizadas para refuerzo longitudinal presentaban una corrosión uniforme con una intensidad parecida al del ciclo anterior, con la diferencia que algunas de ellas presentaban corrosión por picadura en el extremo de la varilla.									





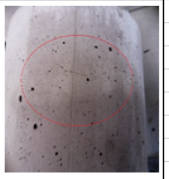
Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.1.2.2.4. Análisis de las muestras en los 15 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.12.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN HORMIGÓN ARMADO A LOS 15 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN HORMIGÓN ARMADO									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados		15		Fecha de experimentación		06/02/2018			
Número de probetas ensayadas		3		Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		53,00			
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento		15/12/2017		Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS									%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión simple		Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento kg/cm^2 (Sin corregir)	181,295	Resistencia obtenida inicial y considerada en ambos casos kg/cm^2	213,47	Variación de resistencia	Disminuyó	-15,07
			Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento kg/cm^2 (Corregidas)	363,352				Aumentó	70,21

PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN LA ESTRUCTURA DEL HORMIGÓN					
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA
Grietas o cuarteaduras			Contracción por secado	x	  
Fisuras	x	Moderada	Agregados con retracción		
Microfisuras			Ciclos de humedecimiento y secado	x	
Cuarteaduras en mapa			Contracción térmica inicial		
Delaminación y descascaramiento	x	Moderada	Dilatación y contracción por temperatura	x	
Desintegración	x	Baja	Rayos UV	x	
Calcinación			Choque térmico	x	
Eflorescencias			Humedades y temperaturas altas	x	
Cultivos biológicos			Reacción alcali-agregados		
Carbonatación			Ataque de ácidos o sulfatos		

PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN LA VARILLA DE REFUERZO					
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA
Corrosión uniforme	x	Baja	Alcalinidad		  
Corrosión localizada			Cloruros		
Corrosión por picadura			Permeabilidad del recubrimiento	x	
Corrosión por resquicio			Espesor del recubrimiento	x	
Corrosión bajo esfuerzo			Despasivación del área de fisuras	x	
Corrosión atmosférica	x	Baja	Cambios térmicos y de humedad en el concreto	x	
Corrosión directa			Rayos UV	x	
Corrosión microbiológica					

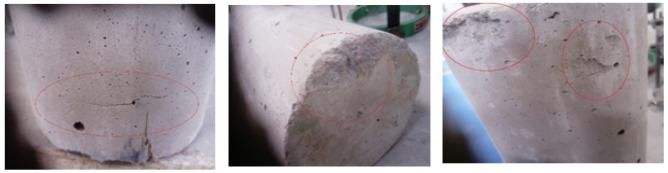
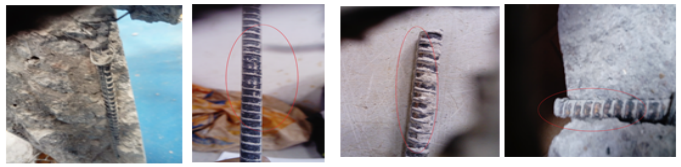
OBSERVACIONES: Las muestras de hormigón armado envejecidas 15 años simulados presentan las mismas características del hormigón simple en ambas experimentaciones, descascaramiento pronunciado en las caras de las muestras, rastros de desintegración y fisuras que se extienden hasta más de la mitad de las muestras.
La resistencia a la compresión disminuyó en 15,07% respecto al estado inicial en las muestras ensayadas inicialmente para ese ciclo, pero aumentó en las muestras corregidas para este ciclo hasta un 70% respecto al estado inicial de las muestras inicialmente ensayadas.
Las varillas de refuerzo no presentan una distinción importante respecto al último ciclo, la corrosión se presenta uniformemente con una intensidad baja

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.1.2.2.5. Análisis de las muestras en los 20 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.13.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN HORMIGÓN ARMADO A LOS 20 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN HORMIGÓN ARMADO									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados	20		Fecha de experimentación		22/02/2018				
Número de probetas ensayadas	3		Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		69				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017		Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS									%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión simple	Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento kg/cm^2 (Sin corregir)		213,155	Resistencia obtenida inicial y considerada en ambos casos kg/cm^2	213,47	Variación de resistencia	Disminuyó	-0,15
		Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento kg/cm^2 (Corregidas)		405,086				Aumentó	89,76
PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN LA ESTRUCTURA DEL HORMIGÓN									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Grietas o cuarteaduras			Contracción por secado	x					
Fisuras	x	Moderada	Agregados con retracción						
Microfisuras			Ciclos de humedecimiento y secado	x					
Cuarteaduras en mapa			Contracción térmica inicial						
Delaminación y descascaramiento	x	Moderada	Dilatación y contracción por temperatura	x					
Desintegración	x	Moderada	Rayos UV	x					
Calcinación	x	Baja	Choque térmico	x					
Eflorescencias			Humedades y temperaturas altas	x					
Cultivos biológicos			Reacción alcali-agregados						
Carbonatación			Ataque de ácidos o sulfatos						
PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN LA VARILLA DE REFUERZO									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Corrosión uniforme	x	Baja	Alcalinidad						
Corrosión localizada			Cloruros						
Corrosión por picadura			Permeabilidad del recubrimiento	x					
Corrosión por resquicio			Espesor del recubrimiento	x					
Corrosión bajo esfuerzo			Despasivación del área de fisuras	x					
Corrosión atmosférica	x	Baja	Cambios térmicos y de humedad en el concreto	x					
Corrosión directa			Rayos UV	x					
Corrosión microbiológica									
OBSERVACIONES: Las muestras de hormigón armado envejecidas 20 años simulados presentan las mismas características del hormigón simple en ambas experimentaciones, descascaramiento pronunciado en las caras de las muestras, moderada desintegración y fisuras que se extienden hasta más de la mitad de las muestras. La resistencia a la compresión disminuyó en 0,15% respecto al estado inicial en las muestras ensayadas inicialmente para ese ciclo, pero aumentó en las muestras corregidas para este ciclo hasta un 89,76% respecto al estado inicial de las muestras inicialmente ensayadas. Todas las varillas presentan corrosión uniforme con intensidad baja, debido a que la película de corrosíon se encuentra superficialmente.									

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.1.2.2.6. Resumen del análisis patológico de las muestras ensayadas

TABLA No 5.14.

RESUMEN DEL ANÁLISIS PATOLÓGICO EN MUESTRAS DE HORMIGÓN ARMADO

RESUMEN DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS									
MATERIAL: HORMIGÓN ARMADO									
ESTADO INICIAL				5 AÑOS SIMULADOS				10 AÑOS SIMULADOS	
  				 				 	
Patologías Encontradas	Ninguna			Patologías Encontradas	Delaminación y descascaramiento			Patologías Encontradas	Delaminación y descascaramiento
Degradación física	Ninguna			Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior			Degradación física	Igual al ciclo anterior Mayor al ciclo inicial
Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial	0		Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial	0,48		Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial 0,80
	Respecto al ciclo anterior	0			Respecto al ciclo anterior	0,48			Respecto al ciclo anterior 0,32
15 AÑOS SIMULADOS				20 AÑOS SIMULADOS					
  				  					
Patologías Encontradas	Fisuras	Desintegración		Patologías Encontradas	Fisuras	Desintegración			
	Delaminación y descascaramiento				Calcinación	Delaminación y descascaramiento			
Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior Mayor respecto al ciclo inicial			Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior Mayor respecto al ciclo inicial				
Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial(M. Sin Corregir)	-15,07		Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial(M. Sin Corregir)	-0,15			
	Respecto al ciclo inicial(M. Corregidas)	70,21			Respecto al ciclo inicial(M. Corregidas)	89,76			

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.15.

RESUMEN DEL ANÁLISIS PATOLÓGICO EN VARILLAS DE REFUERZO

RESUMEN DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS					
MATERIAL: ACERO DE REFUERZO					
ESTADO INICIAL		5 AÑOS SIMULADOS		10 AÑOS SIMULADOS	
 		  		 	
Patologías Encontradas	Corrosión localizada	Patologías Encontradas	Corrosión uniforme Corrosión atmosférica	Patologías Encontradas	Corrosión uniforme Corrosión atmosférica Corrosión por picadura
Degradación física	Corrosión inicial en las varillas	Degradación física	Mayor respecto al ciclo inicial	Degradación física	Mayor respecto al ciclo inicial Mayor respecto al ciclo anterior
15 AÑOS SIMULADOS		20 AÑOS SIMULADOS			
  		   			
Patologías Encontradas	Corrosión uniforme Corrosión atmosférica	Patologías Encontradas	Patologías Encontradas	Corrosión uniforme Corrosión atmosférica	
Degradación física	Igual al ciclo anterior Mayor al ciclo anterior	Degradación física	Degradación física	Mayor al ciclo anterior Mayor al ciclo anterior	

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.2. MORTERO

5.2.1. Resultados de la experimentación mecánica

TABLA No 5.16.

RESULTADOS MECÁNICOS OBTENIDOS DE LA EXPERIMENTACIÓN EN MORTERO

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTERO PARA CADA CICLO DE PRUEBA						
Estado Inicial						
	Carga	Carga	Largo	ancho	Sección	Resistencia
Muestra	N	Kg	cm	cm	cm2	kg/cm2
1	67804	6913.974	5.17	4.99	25.798	268.001
2	65187	6647.118	5.183	5.21	27.003	246.158
Promedio						**257.080**
5 años simulados						
	Carga	Carga	Largo	ancho	Sección	Resistencia
Muestra	N	Kg	cm	cm	cm2	kg/cm2
1	86658	8836.516	5.15	5.01	25.802	342.481
2	80963	8255.797	5.15	5.01	25.802	319.974
Promedio	83810.50					**331.227**
10 años simulados						
	Carga	Carga	Largo	ancho	Sección	Resistencia
Muestra	N	Kg	cm	cm	cm2	kg/cm2
1	101064	10305.496	5.038	5.078	25.583	402.827
2	99883	10185.070	4.993	5.006	24.995	407.485
Promedio	100473.50					**405.156**
15 años simulados						
	Carga	Carga	Largo	ancho	Sección	Resistencia
Muestra	N	Kg	cm	cm	cm2	kg/cm2
1	95646	9753.023	5.06	5.054	25.573	381.376
2	92030	9384.299	5.124	5.04	25.825	363.381
Promedio	93838.00					**372.379**
20 años simulados						
	Carga	Carga	Largo	ancho	Sección	Resistencia
Muestra	N	Kg	cm	cm	cm2	kg/cm2
1	98347	10028.444	5.243	5.237	27.458	365.234
2	103468	10550.632	5.249	5.163	27.101	389.314
Promedio	100907.50					**377.274**

RESUMEN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE MORTERO	
Años Simulados	Resistencia a la compresión kg/cm^2
0	257,080
5	331,227
10	405,156
15	372,379
20	377,274

Elaborado por PAZOS.C, 2018

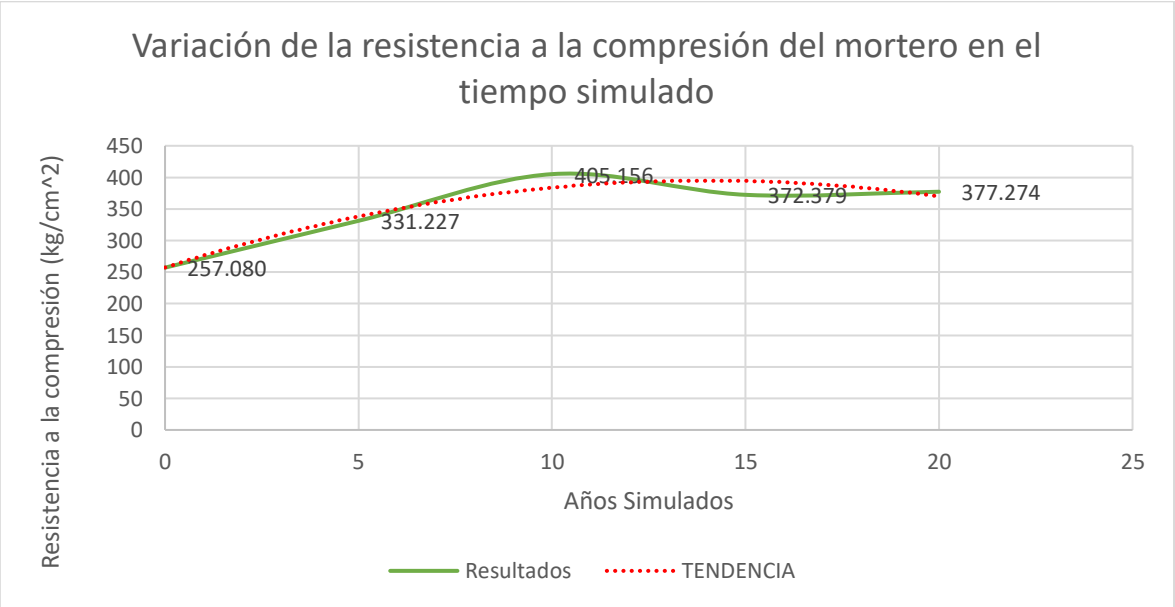


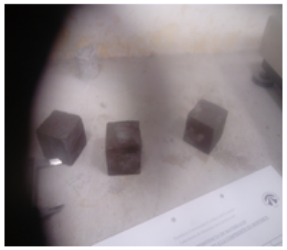
Figura 5.3. Variación en el tiempo de la resistencia a la compresión en mortero Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.2.2. Análisis patológico de muestras

5.2.2.1. Análisis del estado inicial de las muestras

TABLA No 5.17.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS INICIALES EN MORTERO

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN MORTERO									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados		0	Fecha de experimentación			09/05/2018			
Número de probetas ensayadas		2	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)			0			
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento		09/05/2018	Humedades y temperaturas aplicadas			% H	65 y 60	T ºc	35 y 15
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS(MORTERO TIPO M)									%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión simple		Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	257,08	Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento kg/cm^2	257,08	Variación de resistencia	Igual	0
PATOLOGÍAS PRESENTADAS									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Grietas o cuarteaduras			Contracción por secado		 				
Fisuras			Ciclos de humedecimiento y secado						
Microfisuras			Contracción térmica inicial						
Desprendimientos			Dilatación y contracción por temperatura						
Friabilidad			Ataque de ácidos, sales o sulfatos						
Desintegración			Choque térmico						
Manchas			Humedades y temperaturas altas						
Eflorescencias			Rayos UV						
Cultivos biológicos			Ninguna	x					
Diferencias de aspecto final									
Ninguna	x								
OBSERVACIONES: El mortero ensayado inicialmente carece de lesiones previas al ensayo de compresión simple, la resistencia a la compresión es más alta que la compresión de diseño, lo que hace deducir que se obtendrá un mortero frágil.									

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.2.2.2. Análisis de las muestras en los 5 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.18.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN MORTERO A LOS 5 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN MORTERO								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	5	Fecha de experimentación		28/05/2018				
Número de probetas ensayadas	2	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		19				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	09/05/2018	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS(MORTERO TIPO M)								%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión simple	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	331,23	Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento kg/cm^2	257,08	Variación de resistencia	Aumentó	28,84
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Grietas o cuarteaduras			Contracción por secado					
Fisuras			Ciclos de humedecimiento y secado	x				
Microfisuras			Contracción térmica inicial					
Desprendimientos	x	Baja	Dilatación y contracción por temperatura					
Friabilidad	x	Baja	Ataque de ácidos, sales o sulfatos					
Desintegración			Choque térmico	x				
Manchas			Humedades y temperaturas altas	x				
Eflorescencias			Rayos UV	x				
Cultivos biológicos								
Diferencias de aspecto final	x	Baja						
OBSERVACIONES: El mortero envejecido 5 años aceleradamente, presenta pequeños desprendimientos en una de las probetas y friabilidad en las dos muestras. La resistencia a la compresión aumento con relación al mortero inicialmente ensayado un 28,84% .								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.2.2.3. Análisis de las muestras en los 10 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.19.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN MORTERO A LOS 10 AÑOS DE SIMULACIÓN

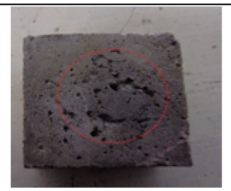
ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN MORTERO									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados	10		Fecha de experimentación		18/06/2018				
Número de probetas ensayadas	2		Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		40				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	09/05/2018		Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS(MORTERO TIPO M)								%	
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión simple		Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	405,16	Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento kg/cm^2	257,08	Variación de resistencia	Aumentó	57,60
PATOLOGÍAS PRESENTADAS									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Grietas o cuarteaduras			Contracción por secado						
Fisuras			Ciclos de humedecimiento y secado	x					
Microfisuras			Contracción térmica inicial						
Desprendimientos	x	Moderada	Dilatación y contracción por temperatura						
Friabilidad	x	Moderada	Ataque de ácidos, sales o sulfatos						
Desintegración			Choque térmico	x					
Manchas			Humedades y temperaturas altas	x					
Eflorescencias			Rayos UV	x					
Cultivos biológicos									
Diferencias de aspecto final	x	Moderada							
OBSERVACIONES: Las muestras de mortero envejecido 10 años acelerados presentaron desprendimientos más pronunciados que el ciclo anterior, así como una friabilidad más alta. La resistencia a la compresión aumento respecto a las condiciones iniciales, pero con una variación menor respecto al ciclo anterior.									

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.2.2.4. Análisis de las muestras en los 15 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.20.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN MORTERO A LOS 15 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN MORTERO									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados		15	Fecha de experimentación		05/07/2018				
Número de probetas ensayadas		2	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		57				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento		09/05/2018	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS(MORTERO TIPO M)									%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión simple		Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	372,38	Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento kg/cm^2	257,08	Variación de resistencia	Aumentó	44,85
PATOLOGÍAS PRESENTADAS									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Grietas o cuarteaduras	x	Alta	Contracción por secado	x	  				
Fisuras			Ciclos de humedecimiento y secado	x					
Microfisuras			Contracción térmica inicial						
Desprendimientos	x	Alta	Dilatación y contracción por temperatura	x					
Friabilidad	x	Alta	Ataque de ácidos, sales o sulfatos						
Desintegración	x	Alta	Choque térmico	x					
Manchas			Humedades y temperaturas altas	x					
Eflorescencias			Rayos UV	x					
Cultivos biológicos									
Diferencias de aspecto final	x	Alta							
OBSERVACIONES: Las muestras de mortero envejecido 15 años acelerados presentaron desintegración de los materiales componentes del mismo, grietas y desprendimientos pronunciados, que relacionando al tamaño de la probeta se los considera significativos. La resistencia a la compresión es mayor a respecto a las condiciones iniciales, pero es menor respecto al ciclo anterior.									

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.2.2.5. Análisis de las muestras en los 20 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.21.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN MORTERO A LOS 20 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN MORTERO								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	20	Fecha de experimentación			20/07/2018			
Número de probetas ensayadas	2	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)			72			
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	09/05/2018	Humedades y temperaturas aplicadas			% H	65 y 60	T ºc	35 y 15
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS(MORTERO TIPO M)								%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión simple	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	377,27	Resistencia obtenida en muestras sin envejecimiento kg/cm^2	257,08	Variación de resistencia	Aumento	46,75

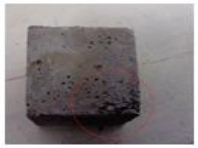
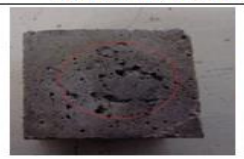
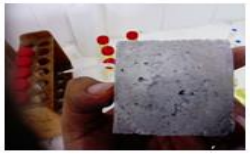
PATOLOGÍAS PRESENTADAS					
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA
Grietas o cuarteaduras	x	Alta	Contracción por secado	x	  
Fisuras			Ciclos de humedecimiento y secado	x	
Microfisuras			Contracción térmica inicial		
Desprendimientos	x	Alta	Dilatación y contracción por temperatura	x	
Friabilidad	x	Alta	Ataque de ácidos, sales o sulfatos		
Desintegración	x	Alta	Choque térmico	x	
Manchas			Humedades y temperaturas altas	x	
Eflorescencias			Rayos UV	x	
Cultivos biológicos					
Diferencias de aspecto final	x	Alta			
OBSERVACIONES: Las muestras de mortero envejecido 20 años aceleradamente presentaron desintegración de los materiales componentes del mismo, grietas y desprendimientos pronunciadas, con similitud al ciclo anterior. Respecto a su resistencia a la compresión es mayor a respecto a las condiciones iniciales, incrementándose respecto al ciclo anterior pero sin llegar a la resistencia máxima obtenida.					

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.2.2.6. Resumen del análisis patológico de las muestras ensayadas

TABLA No 5.22.

RESUMEN DEL ANÁLISIS PATOLÓGICO EN MUESTRAS DE MORTERO

RESUMEN DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS										
MATERIAL: MORTERO										
ESTADO INICIAL			5 AÑOS SIMULADOS				10 AÑOS SIMULADOS			
 			 				 			
Patologías Encontradas	Ninguna		Patologías Encontradas	Desprendimientos Friabilidad Diferencia de aspecto final			Patologías Encontradas	Desprendimientos Friabilidad Diferencia de aspecto final		
Degradación física	Ninguna		Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior			Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior Mayor respecto al estado inicial		
ción mecánica de resister	Respecto al ciclo inicial		Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial	28,84		Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial	57,60	
	Respecto al ciclo anterior			Respecto al ciclo anterior	28,84			Respecto al ciclo anterior	28,76	
15 AÑOS SIMULADOS						20 AÑOS SIMULADOS				
  						  				
Patologías Encontradas	Grietas Desintegración	Desprendimientos Friabilidad	Dif. Aspecto			Patologías Encontradas	Friabilidad Desintegración	Desprendimientos Diferencia de aspecto final		Grietas
Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior Mayor respecto al estado inicial					Degradación física	Igual respecto al ciclo anterior Mayor respecto al estado inicial			
Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial		44,85			Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial			46,75
	Respecto al ciclo anterior		-12,75				Respecto al ciclo anterior			1,90

Elaborado por PAZOS.C, 2018

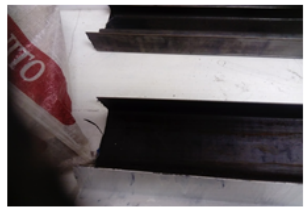
5.3. PERFILERÍA METÁLICA

5.3.1. Análisis patológico de muestras

5.3.1.1. Análisis del estado inicial de las muestras

TABLA No 5.23.

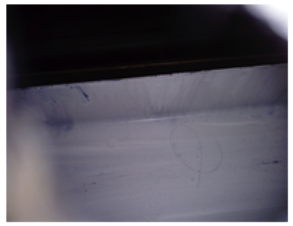
RESULTADOS DE PATOLOGÍAS INICIALES EN PERFILERÍA CANAL "U" SIN RECUBRIMIENTO

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados	0	Fecha de experimentación		15/12/2017					
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		0					
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15		
DETALLES DE LA PERFILERÍA									
TIPO DE PERFIL UTILIZADO				Canal "U"					
TIPO DE RECUBRIMIENTO				Sin recubrimiento					
ENSAYO REALIZADO				Inspección visual del nivel de corrosión presentado					
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL				MAYOR		IGUAL	x	MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN				MAYOR		IGUAL	x	MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Corrosión uniforme	x	Baja	Presencia de agua	x					
Corrosión localizada			Acción de ácido						
Corrosión por picadura			Acción de sales						
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas	x					
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad	x					
Corrosión atmosférica			Factores de construcción y diseño						
Corrosión directa			Rayos UV						
Corrosión microbiológica			Ninguna						
Ninguna									
OBSERVACIONES: El perfil canal "U" seleccionado presenta pequeñas señales de corrosión previa en sus esquinas, talvez por el almacenamiento de la perfilería en lugares expuestos al ambiente previamente.									

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.24.

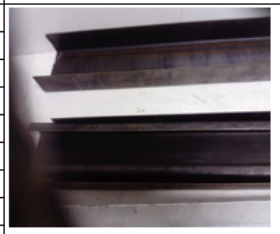
RESULTADOS DE PATOLOGÍAS INICIALES EN PERFILERÍA CANAL “U” CON RECUBRIMIENTO

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados	0	Fecha de experimentación		15/12/2017					
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		0					
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15		
DETALLES DE LA PERFILERÍA									
TIPO DE PERFIL UTILIZADO				Canal "U"					
TIPO DE RECUBRIMIENTO				Pintura Anticorrosiva					
ENSAYO REALIZADO				Inspección visual del nivel de corrosión presentado					
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL				MAYOR		IGUAL	x	MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN				MAYOR		IGUAL	x	MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Corrosión uniforme			Presencia de agua						
Corrosión localizada			Acción de ácido						
Corrosión por picadura			Acción de sales						
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas						
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad						
Corrosión atmosférica			Factores de construcción y diseño						
Corrosión directa			Rayos UV						
Corrosión microbiológica									
Ninguna	x		Ninguna	x					
OBSERVACIONES: Las muestras de perfil canal "U" con pintura anticorrosiva han sido pintadas parcialmente en zonas como el corte del perfil y las alas del mismo con la intensión de verificar el nivel de corrosión en las zonas parcialmente pintadas.									

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.25.

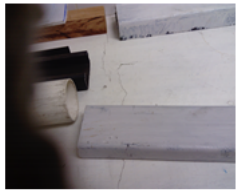
RESULTADOS DE PATOLOGÍAS INICIALES EN PERFILERÍA CORREA "G" SIN RECUBRIMIENTO

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados	0	Fecha de experimentación		15/12/2017					
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		0					
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15		
DETALLES DE LA PERFILERÍA									
TIPO DE PERFIL UTILIZADO			Correa "G"						
TIPO DE RECUBRIMIENTO			Sin recubrimiento						
ENSAYO REALIZADO			Inspección visual del nivel de corrosión presentado						
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL			MAYOR		IGUAL	x	MENOR		
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN			MAYOR		IGUAL	x	MENOR		
PATOLOGÍAS PRESENTADAS									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Corrosión uniforme			Presencia de agua						
Corrosión localizada			Acción de ácido						
Corrosión por picadura			Acción de sales						
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas						
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad						
Corrosión atmosférica			Factores de construcción y diseño						
Corrosión directa			Rayos UV						
Corrosión microbiológica			Ninguna	x					
Ninguna	x								
OBSERVACIONES: El perfil Correa "G" no presenta niveles de corrosión previo a diferencia del canal "U"									

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.26.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS INICIALES EN PERFILERÍA CORREA "G" CON RECUBRIMIENTO

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA											
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN											
Años simulados	0		Fecha de experimentación				15/12/2017				
Número de probetas ensayadas	1		Tiempo en cámara de envejecimiento(días)				0				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017		Humedades y temperaturas aplicadas				% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA PERFILERÍA											
TIPO DE PERFIL UTILIZADO					Correa "G"						
TIPO DE RECUBRIMIENTO					Pintura Anticorrosiva						
ENSAYO REALIZADO					Inspección visual del nivel de corrosión presentado						
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL					MAYOR		IGUAL	x	MENOR		
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN					MAYOR		IGUAL	x	MENOR		
PATOLOGÍAS PRESENTADAS											
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA						
Corrosión uniforme			Presencia de agua								
Corrosión localizada			Acción de ácido								
Corrosión por picadura			Acción de sales								
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas								
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad								
Corrosión atmosférica			Factores de construcción y diseño								
Corrosión directa			Rayos UV								
Corrosión microbiológica			Ninguna	x							
Ninguna	x										
OBSERVACIONES: Las muestras de perfil canal "U" con pintura anticorrosiva han sido pintadas parcialmente en zonas como el corte del perfil y las alas del mismo con la intensión de verificar el nivel de corrosión en las zonas parcialmente pintadas.											

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.3.1.2. Análisis de las muestras en los 5 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.27.

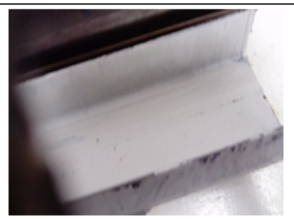
RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PERFILERÍA CANAL "U" SIN RECUBRIMIENTO A LOS 5 AÑOS DE SIMULACIÓN

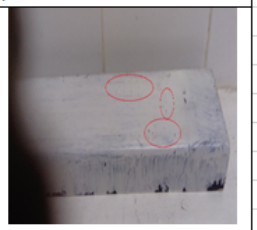
ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	5	Fecha de experimentación		04/01/2018				
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		20				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA PERFILERÍA								
TIPO DE PERFIL UTILIZADO				Canal "U"				
TIPO DE RECUBRIMIENTO				Sin recubrimiento				
ENSAYO REALIZADO				Inspección visual del nivel de corrosión presentado				
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Corrosión uniforme	x	Baja	Presencia de agua					
Corrosión localizada			Acción de ácido					
Corrosión por picadura			Acción de sales					
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas	x				
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad	x				
Corrosión atmosférica	x	Baja	Factores de construcción y diseño					
Corrosión directa			Rayos UV	x				
Corrosión microbiológica			Ninguna					
Ninguna								
OBSERVACIONES: En el perfil Canal "U" envejecido 5 años simulados se ha notado un pequeño incremento en la corrosión que se ha extendido al alma del perfil.								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.28.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PERFILERÍA CANAL "U" CON RECUBRIMIENTO A LOS 5 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA							
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN							
Años simulados	5	Fecha de experimentación		04/01/2018			
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		20			
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15
DETALLES DE LA PERFILERÍA							
TIPO DE PERFIL UTILIZADO			Canal "U"				
TIPO DE RECUBRIMIENTO			Pintura Anticorrosiva				
ENSAYO REALIZADO			Inspección visual del nivel de corrosión presentado				
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL			MAYOR		IGUAL	x	MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN			MAYOR		IGUAL	x	MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS							
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA		
Corrosión uniforme			Presencia de agua				
Corrosión localizada			Acción de ácido				
Corrosión por picadura			Acción de sales				
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas				
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad				
Corrosión atmosférica			Factores de construcción y diseño				
Corrosión directa			Rayos UV				
Corrosión microbiológica			Ninguna	x			
Ninguna	x						
OBSERVACIONES: El perfil Canal "U" con pintura anticorrosiva no presenta señales de corrosión ni siquiera en las zonas parcialmente pintadas.							



Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.29.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PERFILERÍA CORREA "G" SIN RECUBRIMIENTO A LOS 5 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	5	Fecha de experimentación		04/01/2018				
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		20				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA PERFILERÍA								
TIPO DE PERFIL UTILIZADO				Correa "G"				
TIPO DE RECUBRIMIENTO				Sin recubrimiento				
ENSAYO REALIZADO				Inspección visual del nivel de corrosión presentado				
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Corrosión uniforme			Presencia de agua					
Corrosión localizada	x	Baja	Acción de ácido					
Corrosión por picadura			Acción de sales					
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas	x				
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad	x				
Corrosión atmosférica	x	Baja	Factores de construcción y diseño					
Corrosión directa			Rayos UV	x				
Corrosión microbiológica			Ninguna					
Ninguna								
OBSERVACIONES: En el perfil Correa "G" envejecido 5 años simulados se ha detectado pequeños rastros de corrosión en algunas partes de las alas del perfil.								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.30.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PERFILERÍA CORREA "G" CON RECUBRIMIENTO A LOS 5 AÑOS DE SIMULACIÓN

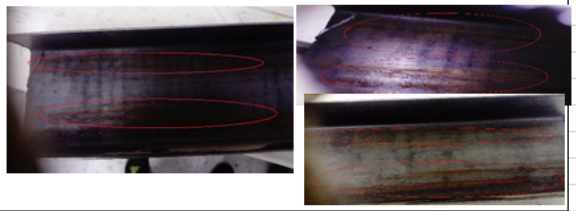
ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	5	Fecha de experimentación		04/01/2018				
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		20				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA PERFILERÍA								
TIPO DE PERFIL UTILIZADO				Correa "G"				
TIPO DE RECUBRIMIENTO				Pintura Anticorrosiva				
ENSAYO REALIZADO				Inspección visual del nivel de corrosión presentado				
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Corrosión uniforme			Presencia de agua					
Corrosión localizada	x	Baja	Acción de ácido					
Corrosión por picadura			Acción de sales					
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas	x				
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad	x				
Corrosión atmosférica	x	Baja	Factores de construcción y diseño					
Corrosión directa			Rayos UV	x				
Corrosión microbiológica			Ninguna					
Ninguna								
OBSERVACIONES: En el perfil Correa "G" recubierto con pintura anticorrosiva envejecido 5 años simulados se ha detectado pequeños rastros de corrosión en las zonas parcialmente pintadas								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.3.1.3. Análisis de las muestras en los 10 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.31.

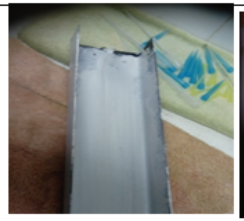
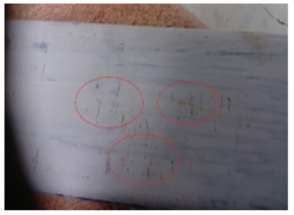
RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PERFILERÍA CANAL "U" SIN RECUBRIMIENTO A LOS 10 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados	10	Fecha de experimentación		25/01/2018					
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		41					
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15		
DETALLES DE LA PERFILERÍA									
TIPO DE PERFIL UTILIZADO				Canal "U"					
TIPO DE RECUBRIMIENTO				Sin recubrimiento					
ENSAYO REALIZADO				Inspección visual del nivel de corrosión presentado					
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Corrosión uniforme	x	Baja	Presencia de agua						
Corrosión localizada			Acción de ácido						
Corrosión por picadura			Acción de sales						
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas	x					
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad	x					
Corrosión atmosférica	x	Baja	Factores de construcción y diseño						
Corrosión directa			Rayos UV	x					
Corrosión microbiológica									
OBSERVACIONES: En el perfil Canal "U" envejecido 10 años simulados se ha observado un incremento de la corrosión presentada en el alma del perfil sin que la lesión penetre la estructura del perfil, la corrosión sigue siendo su perficial por ende se la considera de intensidad baja.									

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.32.

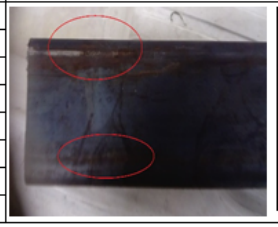
RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PERFILERÍA CANAL "U" CON RECUBRIMIENTO A LOS 10 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA							
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN							
Años simulados	10	Fecha de experimentación	25/01/2018				
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)	41				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas	% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA PERFILERÍA							
TIPO DE PERFIL UTILIZADO			Canal "U"				
TIPO DE RECUBRIMIENTO			Pintura Anticorrosiva				
ENSAYO REALIZADO			Inspección visual del nivel de corrosión presentado				
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL			MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN			MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS							
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Corrosión uniforme			Presencia de agua					
Corrosión localizada	x	Baja	Acción de ácido					
Corrosión por picadura			Acción de sales					
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas	x				
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad	x				
Corrosión atmosférica	x	Baja	Factores de construcción y diseño					
Corrosión directa			Rayos UV	x				
Corrosión microbiológica								
OBSERVACIONES: En el perfil Canal "U" recubierto con pintura anticorrosiva envejecido 10 años simulados, presenta pequeños pigmentos de corrosión en el alma del perfil donde existe partes parcialmente pintadas								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.33.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PERFILERÍA CORREA "G" SIN RECUBRIMIENTO A LOS 10 AÑOS DE SIMULACIÓN

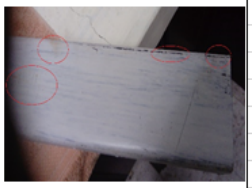
ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA											
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN											
Años simulados	10		Fecha de experimentación				25/01/2018				
Número de probetas ensayadas	1		Tiempo en cámara de envejecimiento(días)				41				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017		Humedades y temperaturas aplicadas				% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA PERFILERÍA											
TIPO DE PERFIL UTILIZADO				Correa "G"							
TIPO DE RECUBRIMIENTO				Sin recubrimiento							
ENSAYO REALIZADO				Inspección visual del nivel de corrosión presentado							
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL				MAYOR	x	IGUAL		MENOR			
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN				MAYOR	x	IGUAL		MENOR			
PATOLOGÍAS PRESENTADAS											
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA						
Corrosión uniforme	x	Baja	Presencia de agua								
Corrosión localizada	x	Baja	Acción de ácido								
Corrosión por picadura			Acción de sales								
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas	x							
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad	x							
Corrosión atmosférica	x	Baja	Factores de construcción y diseño								
Corrosión directa			Rayos UV	x							
Corrosión microbiológica											
OBSERVACIONES: En el perfil Correa "G" envejecido 10 años simulados se ha presentado corrosión localizada en las alas del mismo, pero también se ha notado corrosión uniforme en la parte baja del perfil, dado que la corrosión sigue siendo superficial se considera de baja intensidad.											

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.34.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PERFILERÍA CORREA"G" CON RECUBRIMIENTO A LOS 10 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA											
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN											
Años simulados	10		Fecha de experimentación				25/01/2018				
Número de probetas ensayadas	1		Tiempo en cámara de envejecimiento(días)				41				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017		Humedades y temperaturas aplicadas				% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA PERFILERÍA											
TIPO DE PERFIL UTILIZADO					Correa "G"						
TIPO DE RECUBRIMIENTO					Pintura Anticorrosiva						
ENSAYO REALIZADO					Inspección visual del nivel de corrosión presentado						
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL					MAYOR	x	IGUAL		MENOR		
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN					MAYOR	x	IGUAL		MENOR		
PATOLOGÍAS PRESENTADAS											
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA						
Corrosión uniforme			Presencia de agua								
Corrosión localizada	x	Baja	Acción de ácido								
Corrosión por picadura			Acción de sales								
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas	x							
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad	x							
Corrosión atmosférica	x	Baja	Factores de construcción y diseño								
Corrosión directa			Rayos UV	x							
Corrosión microbiológica											
OBSERVACIONES: En el perfil correa "G" recubierto con pintura anticorrosiva se ha observado mayor concentración de corrosión en las zonas parcialmente pintadas respecto al ciclo anterior, sin embargo estos rastros de corrosión son tan solo superficiales.											



Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.3.1.4. Análisis de las muestras en los 15 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.35.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PERFILERÍA CANAL "U" SIN RECUBRIMIENTO A LOS 15 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados	15		Fecha de experimentación		06/02/2018				
Número de probetas ensayadas	1		Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		53				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017		Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA PERFILERÍA									
TIPO DE PERFIL UTILIZADO					Canal "U"				
TIPO DE RECUBRIMIENTO					Sin recubrimiento				
ENSAYO REALIZADO					Inspección visual del nivel de corrosión presentado				
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL					MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN					MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Corrosión uniforme	x	Moderada	Presencia de agua						
Corrosión localizada			Acción de ácido						
Corrosión por picadura			Acción de sales						
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas	x					
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad	x					
Corrosión atmosférica	x	Moderada	Factores de construcción y diseño						
Corrosión directa			Rayos UV	x					
Corrosión microbiológica									
OBSERVACIONES: En el perfil Canal "U" se ha intensificado el nivel de corrosividad en el perfil, en ciertas partes del perfil la corrosión ha comenzado a penetrar la estructura del perfil.									

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.36.

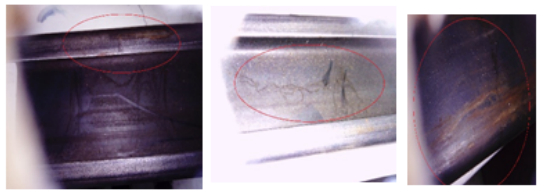
RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PERFILERÍA CANAL "U" CON RECUBRIMIENTO A LOS 15 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA											
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN											
Años simulados	15		Fecha de experimentación			06/02/2018					
Número de probetas ensayadas	1		Tiempo en cámara de envejecimiento(días)			53					
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017		Humedades y temperaturas aplicadas			% H	65 y 60	T ºc	35 y 15		
DETALLES DE LA PERFILERÍA											
TIPO DE PERFIL UTILIZADO						Canal "U"					
TIPO DE RECUBRIMIENTO						Pintura Anticorrosiva					
ENSAYO REALIZADO						Inspección visual del nivel de corrosión presentado					
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL						MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN						MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS											
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA						
Corrosión uniforme			Presencia de agua								
Corrosión localizada	x	Baja	Acción de ácido								
Corrosión por picadura			Acción de sales								
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas	x							
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad	x							
Corrosión atmosférica	x	Baja	Factores de construcción y diseño								
Corrosión directa			Rayos UV	x							
Corrosión microbiológica											
OBSERVACIONES: En el perfil Canal "U" recubierto con pintura anticorrosiva y envejecido 15 años simulados se ha observado presencia de corrosión en la mayoría de zonas parcialmente pintadas, sin embargo la corrosión no penetra la superficie del perfil.											

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.37.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PERFILERÍA CORREA "G" SIN RECUBRIMIENTO A LOS 15 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	15	Fecha de experimentación		06/02/2018				
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		53				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA PERFILERÍA								
TIPO DE PERFIL UTILIZADO				Correa "G"				
TIPO DE RECUBRIMIENTO				Sin recubrimiento				
ENSAYO REALIZADO				Inspección visual del nivel de corrosión presentado				
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Corrosión uniforme	x	Baja	Presencia de agua					
Corrosión localizada	x	Moderada	Acción de ácido					
Corrosión por picadura			Acción de sales					
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas	x				
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad	x				
Corrosión atmosférica	x	Moderada	Factores de construcción y diseño					
Corrosión directa			Rayos UV	x				
Corrosión microbiológica								
OBSERVACIONES: En el perfil Correa "G" envejecido 15 años simulados,se presenta una corrosión uniforme en gran parte del perfil sin observar penetración de la corrosión en el alma del perfil, sin embargo la corrosión localizada en las alas del perfil comienza a penetrar en la estructura del perfil.								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.38.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PERFILERÍA CORREA "G" CON RECUBRIMIENTO A LOS 15 AÑOS DE SIMULACIÓN

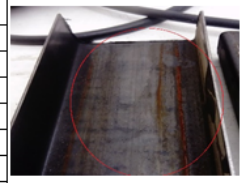
ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	15	Fecha de experimentación		06/02/2018				
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		53				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA PERFILERÍA								
TIPO DE PERFIL UTILIZADO				Correa "G"				
TIPO DE RECUBRIMIENTO				Pintura Anticorrosiva				
ENSAYO REALIZADO				Inspección visual del nivel de corrosión presentado				
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Corrosión uniforme			Presencia de agua					
Corrosión localizada	x	Baja	Acción de ácido					
Corrosión por picadura			Acción de sales					
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas	x				
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad	x				
Corrosión atmosférica	x	Baja	Factores de construcción y diseño					
Corrosión directa			Rayos UV	x				
Corrosión microbiológica								
OBSERVACIONES:En el perfil Correa "G" recubierto con pintura anticorrosiva y envejecido 15 años simulados se ha observado presencia de corrosión en la mayoría de zonas parcialmente pintadas, sin embargo la corrosión no penetra la superficie del perfil.								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.3.1.5. Análisis de las muestras en los 20 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.39.

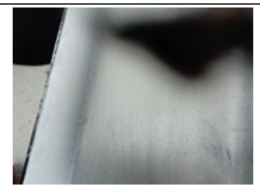
RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PERFILERÍA CANAL "U" SIN RECUBRIMIENTO A LOS 20 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados	20	Fecha de experimentación		22/02/2018					
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		69					
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15		
DETALLES DE LA PERFILERÍA									
TIPO DE PERFIL UTILIZADO				Canal "U"					
TIPO DE RECUBRIMIENTO				Sin recubrimiento					
ENSAYO REALIZADO				Inspección visual del nivel de corrosión presentado					
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Corrosión uniforme	x	Moderada	Presencia de agua						
Corrosión localizada			Acción de ácido						
Corrosión por picadura			Acción de sales						
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas	x					
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad	x					
Corrosión atmosférica	x	Moderada	Factores de construcción y diseño						
Corrosión directa			Rayos UV	x					
Corrosión microbiológica									
OBSERVACIONES: En el perfil Canal "U" envejecido 20 años simulados se ha observado mayor presencia de corrosión con penetración de la superficie que el ciclo anterior, sin embargo esta penetración no es tan severa como para destruir la estructura del perfil.									

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.40.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PERFILERÍA CANAL "U" CON RECUBRIMIENTO A LOS 20 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	20	Fecha de experimentación		22/02/2018				
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		69				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA PERFILERÍA								
TIPO DE PERFIL UTILIZADO			Canal "U"					
TIPO DE RECUBRIMIENTO			Pintura Anticorrosiva					
ENSAYO REALIZADO			Inspección visual del nivel de corrosión presentado					
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL			MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN			MAYOR		IGUAL	x	MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Corrosión uniforme			Presencia de agua					
Corrosión localizada	x	Baja	Acción de ácido					
Corrosión por picadura			Acción de sales					
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas	x				
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad	x				
Corrosión atmosférica	x	Baja	Factores de construcción y diseño					
Corrosión directa			Rayos UV	x				
Corrosión microbiológica								
OBSERVACIONES: En el perfil Canal "U" con pintura anticorrosiva se ha observado presencia de corrosión en las zonas parcialmente pintadas similar al ciclo anterior, en gran parte de estructura del perfil no se presenta corrosión.								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.41.

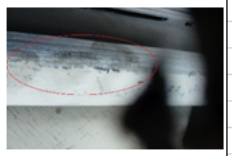
RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PERFILERÍA CORREA "G" SIN RECUBRIMIENTO A LOS 20 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	20	Fecha de experimentación		22/02/2018				
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		69				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA PERFILERÍA								
TIPO DE PERFIL UTILIZADO				Correa "G"				
TIPO DE RECUBRIMIENTO				Sin recubrimiento				
ENSAYO REALIZADO				Inspección visual del nivel de corrosión presentado				
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Corrosión uniforme	x	Moderada	Presencia de agua					
Corrosión localizada	x	Moderada	Acción de ácido					
Corrosión por picadura			Acción de sales					
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas	x				
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad	x				
Corrosión atmosférica	x	Moderada	Factores de construcción y diseño					
Corrosión directa			Rayos UV	x				
Corrosión microbiológica								
OBSERVACIONES: En el perfil Correa "G" envejecido 20 años simulados se ha observado penetración leve en la superficie del perfil tanto a lo largo del alma del perfil como en sus alas.								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.42.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PERFILERÍA CORREA "G" CON RECUBRIMIENTO A LOS 20 AÑOS DE SIMULACIÓN

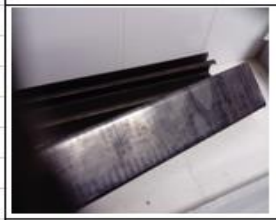
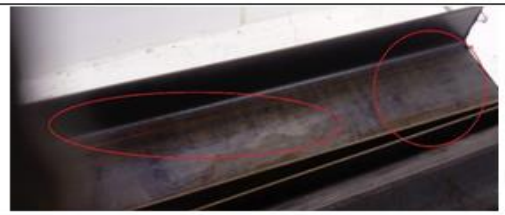
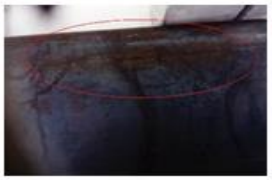
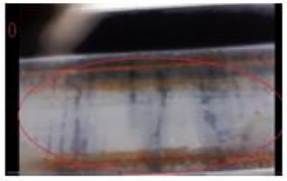
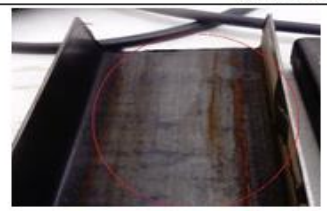
ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PERFILERÍA METÁLICA									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados	20	Fecha de experimentación		22/02/2018					
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		69					
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15		
DETALLES DE LA PERFILERÍA									
TIPO DE PERFIL UTILIZADO				Correa "G"					
TIPO DE RECUBRIMIENTO				Pintura Anticorrosiva					
ENSAYO REALIZADO				Inspección visual del nivel de corrosión presentado					
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO INICIAL DEL PERFIL				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL NIVEL DE CORROSIÓN RESPECTO AL ESTADO EN EL CICLO ANTERIOR DE LA SIMULACIÓN				MAYOR		IGUAL	x	MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Corrosión uniforme			Presencia de agua						
Corrosión localizada	x	Baja	Acción de ácido						
Corrosión por picadura			Acción de sales						
Corrosión por resquicio			Humedades y temperaturas altas	x					
Corrosión bajo esfuerzo			Cambios bruscos de temperatura y humedad	x					
Corrosión atmosférica	x	Baja	Factores de construcción y diseño						
Corrosión directa			Rayos UV	x					
Corrosión microbiológica									
OBSERVACIONES: En el perfil Correa "G" con pintura anticorrosiva se ha observado presencia de corrosión en las zonas parcialmente pintadas similar al ciclo anterior, en gran parte de estructura del perfil no se presenta corrosión.									

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.3.1.6. Resumen del análisis patológico de las muestras ensayadas

TABLA No 5.43.

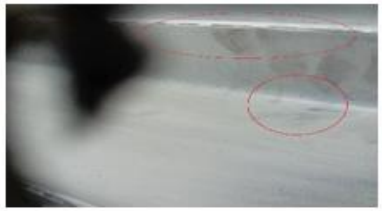
RESUMEN DEL ANÁLISIS PATOLÓGICO EN MUESTRAS DE PERFILERÍA METÁLICA TIPO CANAL "U" SIN RECUBRIMIENTO

RESUMEN DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS					
MATERIAL: PERFILERÍA DE ACERO CANAL" U" SIN RECUBRIMIENTO					
ESTADO INICIAL		5 AÑOS SIMULADOS		10 AÑOS SIMULADOS	
 				 	
Patologías Encontradas	Corrosión uniforme	Patologías Encontradas	Corrosión uniforme Corrosión Atmosférica	Patologías Encontradas	Corrosión uniforme Corrosión atmosférica
Degradación física	Corrosión inicial	Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior	Degradación física	Mayor al estado inicial Mayor al ciclo anterior
15 AÑOS SIMULADOS				20 AÑOS SIMULADOS	
  				 	
Patologías Encontradas	Corrosión uniforme Corrosión atmosférica			Patologías Encontradas	Corrosión unifome Corrosión atmosférica
Degradacíón física	Mayor respecto al estado inicial Mayor respecto al ciclo anterior			Degradacíón física	Mayor respecto al estado inicial Mayor respecto al ciclo anterior

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.44.

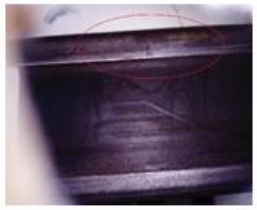
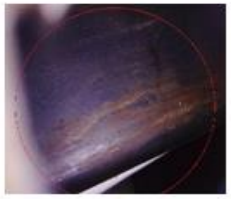
RESUMEN DEL ANÁLISIS PATOLÓGICO EN MUESTRAS DE PERFILERÍA METÁLICA TIPO CANAL "U" CON RECUBRIMIENTO

RESUMEN DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS					
MATERIAL: PERFILERÍA DE ACERO CANAL" U" CON RECUBRIMIENTO					
ESTADO INICIAL		5 AÑOS SIMULADOS		10 AÑOS SIMULADOS	
 		 		 	
Patologías Encontradas	Ninguna	Patologías Encontradas	Ninguna	Patologías Encontradas	Corrosión localizada Corrosión atmosférica
Degradación física	Ninguna	Degradación física	Ninguna	Degradación física	Mayor al estado inicial Mayor al ciclo anterior
15 AÑOS SIMULADOS			20 AÑOS SIMULADOS		
			 		
Patologías Encontradas	Corrosión localizada Corrosión atmosférica		Patologías Encontradas	Corrosión localizada Corrosión atmosférica	
Degradación física	Mayor respecto al estado inicial Mayor respecto al ciclo anterior		Degradación física	Mayor respecto al estado inicial Igual respecto al ciclo anterior	

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.45.

RESUMEN DEL ANÁLISIS PATOLÓGICO EN MUESTRAS DE PERFILERÍA METÁLICA TIPO CORREA "G" SIN RECUBRIMIENTO

RESUMEN DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS					
MATERIAL: PERFILERÍA DE ACERO CORREA" G" SIN RECUBRIMIENTO					
ESTADO INICIAL		5 AÑOS SIMULADOS		10 AÑOS SIMULADOS	
 				 	
Patologías Encontradas	Ninguna	Patologías Encontradas	Corrosión localizada Corrosión atmosférica Corrosión uniforme	Patologías Encontradas	Corrosión localizada Corrosión atmosférica
Degradación física	Ninguna	Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior	Degradación física	Mayor al estado inicial Mayor al ciclo anterior
15 AÑOS SIMULADOS				20 AÑOS SIMULADOS	
  				  	
Patologías Encontradas	Corrosión localizada Corrosión atmosférica	Corrosión uniforme		Patologías Encontradas	Corrosión localizada Corrosión atmosférica	Corrosión uniforme
Degradación física	Mayor respecto al estado inicial Mayor respecto al ciclo anterior			Degradación física	Mayor respecto al estado inicial Mayor respecto al ciclo anterior	

Elaborado por PAZOS.C, 2018

TABLA No 5.46.

RESUMEN DEL ANÁLISIS PATOLÓGICO EN MUESTRAS DE PERFILERÍA METÁLICA TIPO CORREA "G" CON RECUBRIMIENTO

RESUMEN DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS					
MATERIAL: PERFILERÍA DE ACERO CORREA" G" CON RECUBRIMIENTO					
ESTADO INICIAL		5 AÑOS SIMULADOS		10 AÑOS SIMULADOS	
 		 		 	
Patologías Encontradas	Ninguna	Patologías Encontradas	Corrosión localizada Corrosión atmosférica	Patologías Encontradas	Corrosión localizada Corrosión atmosférica
Degradación física	Ninguna	Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior	Degradación física	Mayor al ciclo anterior Mayor al estado inicial
15 AÑOS SIMULADOS		20 AÑOS SIMULADOS			
		 			
Patologías Encontradas	Corrosión localizada Corrosión atmosférica	Patologías Encontradas	Corrosión localizada Corrosión atmosférica		
Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior Mayor respecto al estado inicial	Degradación física	Igual respecto al ciclo anterior Mayor respecto al estado inicial		

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.4. MADERA

5.4.1. Resultados de la experimentación mecánica

5.4.1.1. Compresión paralela a la fibra

TABLA No 5.47.

RESULTADOS DE LA COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA EN MADERA PARA CADA CICLO DE PRUEBA					
Estado Inicial					
Muestra	Carga (N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Resistencia(kg/cm2)	Falla
1	113502	5.066	4.886	467.429	e) Corte y rajadura
2	129859	4.967	5.05	527.737	c) Corte
3	95153	5.021	5.006	385.898	a) Aplastamiento
Promedio	112838.00			**460.355**	
5 años simulados					
Muestra	Carga (N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Resistencia(kg/cm2)	Falla
1	146893	4.863	4.94	623.305	c) Corte
2	127024	4.847	4.845	551.379	e) Corte y rajadura
3	139031	4.918	4.949	582.286	e) Corte y rajadura
Promedio	137649.33			**585.657**	
10 años simulados					
Muestra	Carga (N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Resistencia(kg/cm2)	Falla
1	129867	4.965	4.954	538.213	a) Aplastamiento
2	138667	4.956	4.977	573.067	d) Rajadura
3	137231	4.862	4.828	595.938	d) Rajadura
Promedio	135255.00			**569.073**	
15 años simulados					
Muestra	Carga (N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Resistencia(kg/cm2)	Falla
1	134636	4.814	4.979	572.590	e) Corte y rajadura
2	113606	4.958	4.912	475.518	e) Corte y rajadura
3	129090	4.969	4.979	531.879	c) Corte
Promedio	125777.33			**526.662**	
20 años simulados					
Muestra	Carga (N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Resistencia(kg/cm2)	Falla
1	150635	4.885	4.967	632.846	c) Corte
2	143772	4.938	4.932	601.771	c) Corte
3	165517	5.006	4.906	686.998	c) Corte
Promedio	153308.00			**640.538**	

RESUMEN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA EN PROBETAS DE MADERA	
Años Simulados	Resistencia a la compresión paralela a la fibra kg/ cm^2
0	460,355
5	585,657
10	569,073
15	526,662
20	640,538

Elaborado por PAZOS.C, 2018

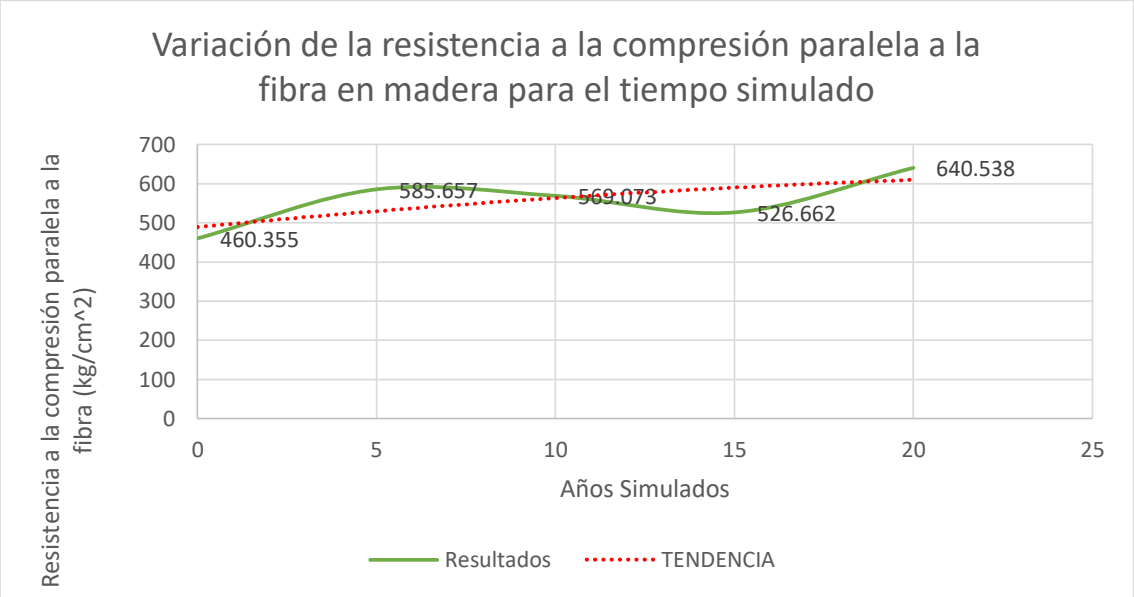


Figura 5.4. Variación en el tiempo de la resistencia a la compresión paralela a la fibra Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.4.1.2. Compresión perpendicular a la fibra

TABLA No 5.48.

RESULTADOS DE LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA EN MADERA PARA CADA CICLO DE PRUEBA				
	Estado Inicial			
Muestra	Carga(N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Resistencia(kg/cm2)
1	48796	4.873	4.871	209.556
2	53217	5.004	4.858	223.155
3	54896	5	5.029	222.546
Promedio	52303.00			**218.419**
5 años simulados				
Muestra	Carga (N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Resistencia(kg/cm2)
1	42672	4.951	4.942	177.778
2	58521	4.858	4.874	251.941
3	54112	4.961	4.97	223.717
Promedio	51768.33			**217.812**
10 años simulados				
Muestra	Carga (N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Resistencia(kg/cm2)
1	58174	4.919	4.955	243.299
2	67316	4.919	4.888	285.392
3	48402	4.809	4.984	205.855
Promedio	57964.00			**244.848**
15 años simulados				
Muestra	Carga (N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Resistencia(kg/cm2)
1	7079	4.859	4.946	30.026
2	2378	4.975	4.898	9.948
3	3284	4.932	4.918	13.801
Promedio	4247.00			**17.925**
20 años simulados				
Muestra	Carga (N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Resistencia(kg/cm2)
1	55591	4.936	4.936	232.587
2	42042	4.841	4.952	178.772
3	38979	4.98	4.946	161.316
Promedio	45537.33			**190.892**

RESUMEN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA EN PROBETAS DE MADERA	
Años Simulados	Resistencia a la compresión perpendicular a la fibra kg/cm^2
0	218,419
5	217,812
10	244,848
15	17,925
20	190,892

Elaborado por PAZOS.C, 2018

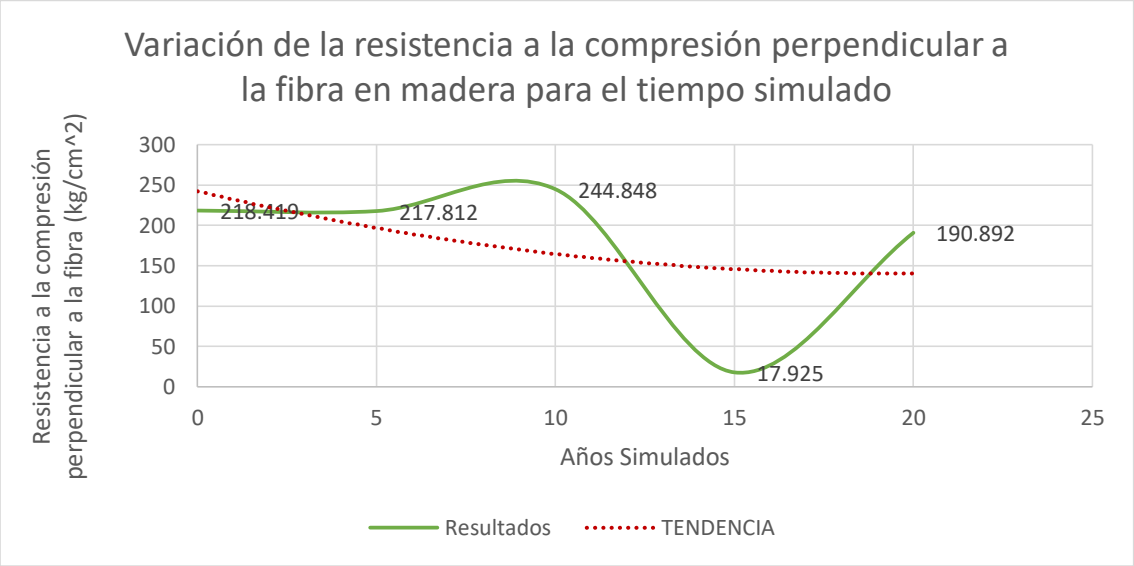


Figura 5.5. Variación en el tiempo de la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra
Elaborado por PAZOS.C, 2018

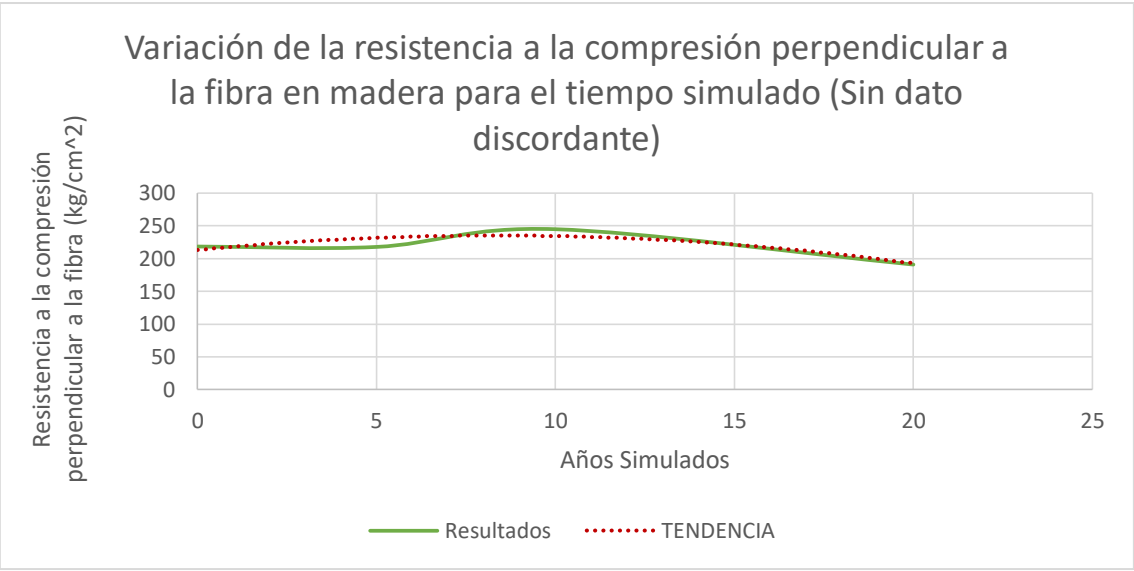


Figura 5.6. Variación en el tiempo de la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra (Sin dato discordante)
Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.4.1.3. Flexión

TABLA No 5.49.

RESULTADOS DE FLEXIÓN EN MADERA

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN MADERA PARA CADA CICLO DE PRUEBA								
Estado Inicial								
Carga (N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Distancia entre apoyos(cm)	M(kg.cm)	I(cm4)	c (cm)	Resistencia(kg/cm2)	Falla
11456	5.007	4.988	70	20436.290	51.782	2.494	**984.289**	C(Corte transversal a la fibra)
5 años simulados								
Carga (N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Distancia entre apoyos(cm)	M(kg.cm)	I(cm4)	c (cm)	Resistencia(kg/cm2)	Falla
13998	4.92	5.014	70	24970.948	51.682	2.507	**1211.302**	B(Tensión Pura)
10 años simulados								
Carga (N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Distancia entre apoyos(cm)	M(kg.cm)	I(cm4)	c (cm)	Resistencia(kg/cm2)	Falla
7984	4.977	5.143	70	14242.610	56.420	2.572	**649.143**	B(Tensión Pura)
15 años simulados								
Carga (N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Distancia entre apoyos(cm)	M(kg.cm)	I(cm4)	c (cm)	Resistencia(kg/cm2)	Falla
12135	4.927	4.963	70	21647.554	50.192	2.482	**1070.259**	C(Corte transversal a la fibra)
20 años simulados								
Carga (N)	Ancho (cm)	Alto(cm)	Distancia entre apoyos(cm)	M(kg.cm)	I(cm4)	c (cm)	Resistencia(kg/cm2)	Falla
12539	4.853	5.01	70	22368.247	50.856	2.505	**1101.787**	B(Tensión Pura)

RESUMEN DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN PROBETAS DE MADERA	
Años Simulados	Resistencia a la flexión en madera kg/ cm^2
0	984,289
5	1211,302
10	649,143
15	1070,259
20	1101,787

Elaborado por PAZOS.C, 2018

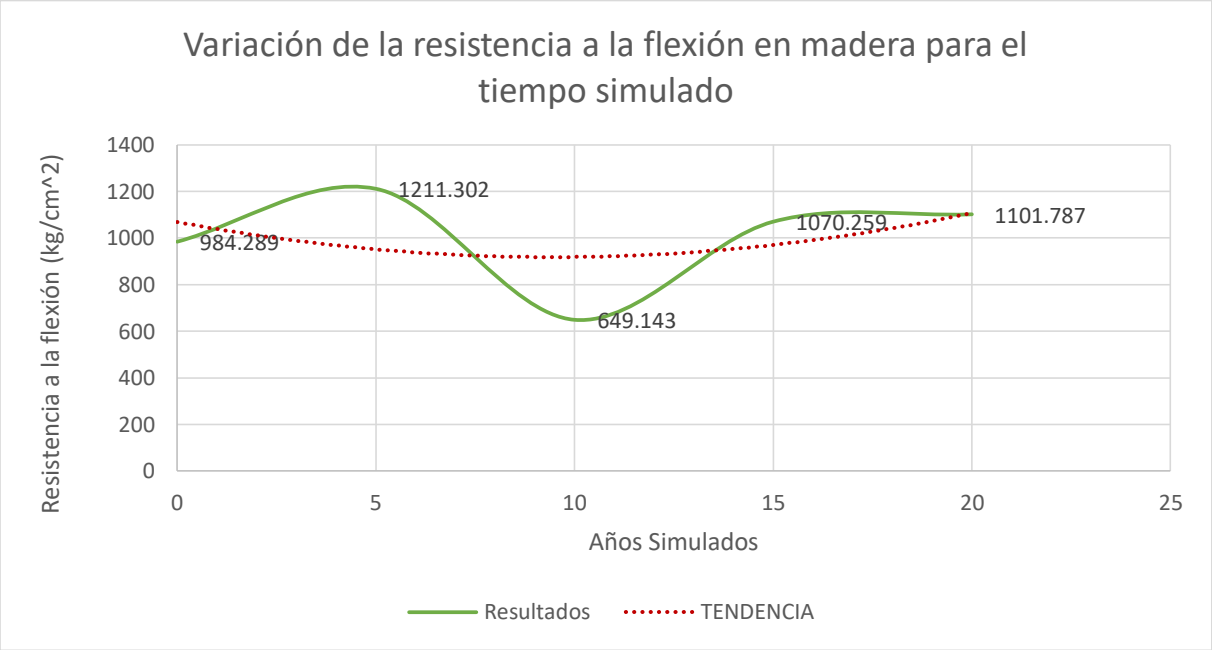


Figura 5.7 Variación en el tiempo de la flexión en madera Elaborado por PAZOS.C, 2018

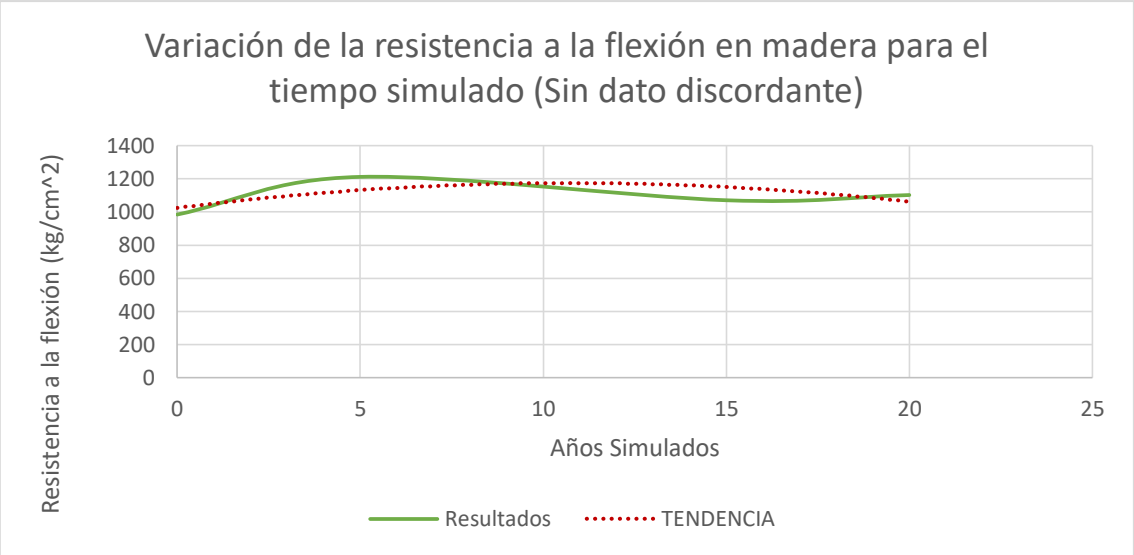


Figura 5.8. Variación en el tiempo de la flexión en madera (Sin dato discordante) Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.4.1.4. Humedad

TABLA No 5.50.

RESULTADOS DE HUMEDAD EN MADERA

RESULTADOS DE LA HUMEDAD EN MADERA PARA CADA CICLO DE PRUEBA															
	Estado Inicial			5 años simulados			10 años simulados			15 años simulados			20 años simulados		
	M. Húmeda	M. Seca	Humedad	M. Húmeda	M. Seca	Humedad	M. Húmeda	M. Seca	Humedad	M. Húmeda	M. Seca	Humedad	M. Húmeda	M. Seca	Humedad
Muestra	g	g	%	g	g	%	g	g	%	g	g	%	g	g	%
1	1.34	1.2	11.67	1.24	1.1	12.73	1.32	1.2	10.00	1.35	1.22	10.66	1.28	1.18	8.47
2	1.39	1.2	15.83	1.39	1.2	15.83	1.3	1.2	8.33	1.26	1.18	6.78	1.25	1.15	8.70
3	1.44	1.2	20.00	1.31	1.2	9.17	1.35	1.2	12.50	1.22	1.12	8.93	1.32	1.22	8.20
4	1.42	1.3	9.23	1.32	1.2	10.00	1.31	1.2	9.17	1.23	1.14	7.89	1.22	1.12	8.93
5	1.38	1.2	15.00	1.44	1.2	20.00	1.26	1.2	5.00	1.38	1.23	12.20	1.32	1.22	8.20
6	1.34	1.1	21.82	1.3	1.1	18.18	1.23	1.15	6.96	1.34	1.23	8.94	1.22	1.12	8.93
7	1.36	1.2	13.33	1.31	1.1	19.09	1.2	1.1	9.09	1.33	1.24	7.26	1.32	1.21	9.09
8	1.37	1.2	14.17	1.38	1.2	15.00	1.29	1.2	7.50	1.34	1.25	7.20	1.31	1.21	8.26
9	1.46	1.2	21.67	1.38	1.3	6.15	1.32	1.2	10.00	1.26	1.16	8.62	1.36	1.25	8.80
10	1.28	1.1	16.36	1.3	1.1	18.18	1.35	1.26	7.14	1.32	1.23	7.32	1.33	1.23	8.13
HUMEDAD %		**15.91**			**14.43**			**8.57**			**8.58**			**8.57**	

RESUMEN DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN PROBETAS DE MADERA	
Años Simulados	Humedad en madera %
0	15,908
5	14,434
10	8,569
15	8,579
20	8,571

Elaborado por PAZOS.C, 2018

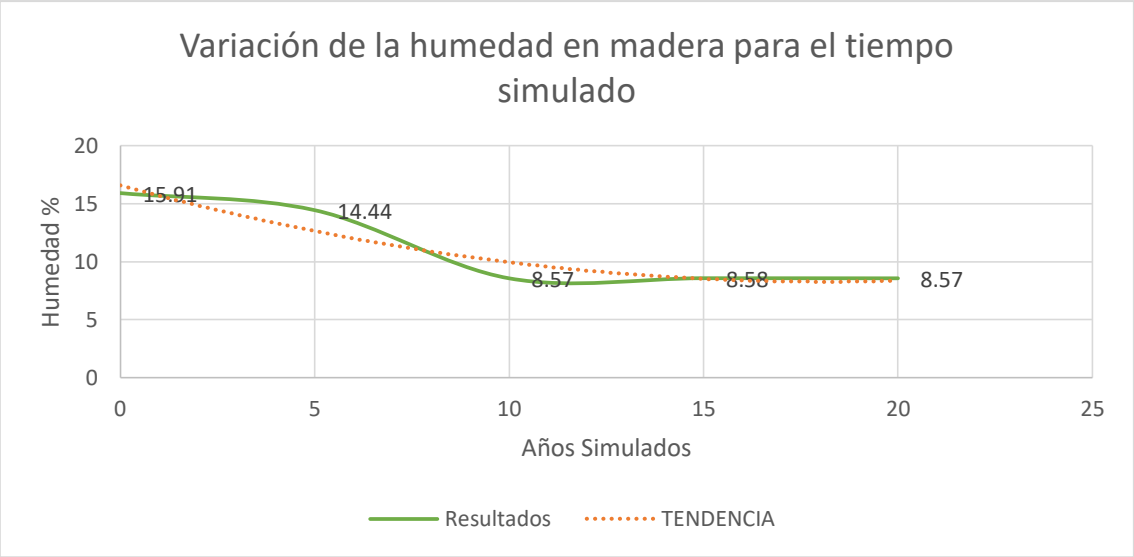


Figura 5.9. Variación en el tiempo de la humedad en madera Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.4.2. Análisis patológico de muestras

5.4.2.1. Análisis del estado inicial de las muestras

TABLA No 5.51.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS INICIALES EN MADERA

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN MADERA									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados		0	Fecha de experimentación			15/12/2017			
Número de probetas ensayadas		17	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)			0			
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento		15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS									%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión perpendicular a la fibra	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)		218,42	Resistencia obtenida inicial kg/cm^2	218,42	Variación de resistencia	Igual	0
	Compresión paralela a la fibra			460,36		460,36		Igual	0
	Flexión			984,29		984,29		Igual	0
	Humedad	Humedad promedio obtenida %		15,91	Humedad inicial %	15,91	Var. Humedad	Igual	0
PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN MADERA(COLORADO)									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Defectos de crecimiento			Ciclos de humedecimiento y secado		  				
Fisuras			Dilatación y contracción por temperatura						
Microfisuras			Humedades y temperaturas altas						
Agrietamiento y rajado			Duración de carga						
Deformabilidad de la madera			Ataque químico						
Alteración cromática			Presencia de agua						
Calcinación			Rayos UV						
Eflorescencias			Ninguna	x					
Cultivos biológicos									
Fotodegradación de la lignina									
Ninguna	x								
OBSERVACIONES: La madera utilizada para la experimentación no presenta lesiones previas ni defectos de crecimiento notables.									

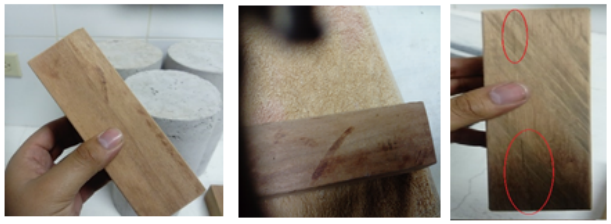
Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.4.2.2. Análisis de las muestras en los 5 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.52.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN MADERA A LOS 5 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN MADERA								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	5	Fecha de experimentación			04/01/2018			
Número de probetas ensayadas	17	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)			20			
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas			% H	65 y 60	T ºc	35 y 15
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS								%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión perpendicular a la fibra	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	217,81	Resistencia obtenida inicial kg/cm^2	218,42	Variación de resistencia	Disminuyó	-0,28
	Compresión paralela a la fibra		585,66		460,36		Aumentó	27,22
	Flexión		1211,3		984,29		Aumentó	23,06
	Humedad	Humedad promedio obtenida %	14,43	Humedad inicial %	15,91	Var. Humedad	Disminuyó	-9,30

PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN MADERA(COLORADO)					
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA
Defectos de crecimiento			Ciclos de humedecimiento y secado	x	
Fisuras	x	Baja	Dilatación y contracción por temperatura	x	
Microfisuras			Humedades y temperaturas altas	x	
Agrietamiento y rajado			Duración de carga		
Deformabilidad de la madera			Ataque químico		
Alteración cromática			Presencia de agua		
Calcinación			Rayos UV	x	
Eflorescencias			Ninguna		
Cultivos biológicos					
Fotodegradación de la lignina					
Ninguna					

OBSERVACIONES: En la madera envejecida 5 años simulados se ha observado fisuras en 5 de las 17 muestras utilizadas para cada uno de los ensayos, las fisuras son notablemente superficiales.
Existe un aumento en la resistencia a la compresión paralela a la fibra y flexión, mientras que la humedad y la compresión perpendicular a la fibra han disminuido.

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.4.2.3. Análisis de las muestras en los 10 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.53.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN MADERA A LOS 10 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN MADERA									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados		10	Fecha de experimentación			25/01/2018			
Número de probetas ensayadas		17	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)			41			
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento		15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas			% H	65 y 60	T ºc	35 y 15
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS									%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión perpendicular a la fibra		Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	244,85	Resistencia obtenida inicial kg/cm^2	218,42	Variación de resistencia	Aumentó	12,10
	Compresión paralela a la fibra			569,07		460,36		Aumentó	23,61
	Flexión			649,14		984,29		Disminuyó	-34,05
	Humedad		Humedad promedio obtenida %	8,57	Humedad inicial %	15,91	Var. Humedad	Disminuyó	-46,13
PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN MADERA(COLORADO)									
Lesiones			Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Defectos de crecimiento				Ciclos de humedecimiento y secado	x				
Fisuras	x		Moderada	Dilatación y contracción por temperatura	x				
Microfisuras				Humedades y temperaturas altas	x				
Agrietamiento y rajado	x		Baja	Duración de carga					
Deformabilidad de la madera				Ataque químico					
Alteración cromática				Presencia de agua					
Calcinación				Rayos UV	x				
Eflorescencias									
Cultivos biológicos									
Fotodegradación de la lignina	x		Baja						
OBSERVACIONES: La madera envejecida 10 años simulados presenta fisuras en la mayoría de las probetas y se extienden hasta la mitad de su longitud, también se ha observado fotodegradación y rajado de la madera. La resistencia de la madera se incrementa respecto a su estado inicial en las solicitaciones a compresión , mientras que la humedad y la solicitación a flexión disminuyeron.									

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.4.2.4. Análisis de las muestras en los 15 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.54.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN MADERA A LOS 15 AÑOS DE SIMULACIÓN

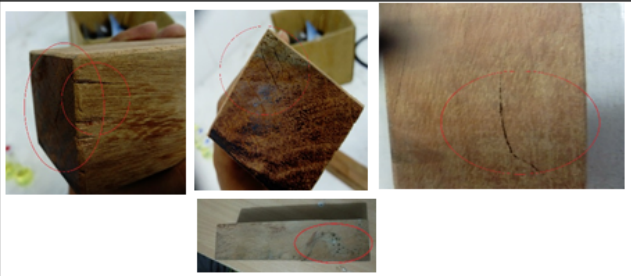
ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN MADERA									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados		15	Fecha de experimentación		06/02/2018				
Número de probetas ensayadas		17	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		53				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento		15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS									%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión perpendicular a la fibra	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)		17,93	Resistencia obtenida inicial kg/cm^2	218,42	Variación de resistencia	Disminuyó	-91,791
	Compresión paralela a la fibra			526,66		460,36		Aumentó	14,402
	Flexión			1070,26		984,29		Aumentó	8,734
	Humedad	Humedad promedio obtenida %		8,58	Humedad inicial %	15,91	Var. Humedad	Disminuyó	-46,072
PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN MADERA(COLORADO)									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Defectos de crecimiento			Ciclos de humedecimiento y secado	x	  				
Fisuras	x	Alta	Dilatación y contracción por temperatura	x					
Microfisuras			Humedades y temperaturas altas	x					
Agrietamiento y rajado	x	Alta	Duración de carga						
Deformabilidad de la madera			Ataque químico						
Alteración cromática	x	Baja	Presencia de agua						
Calcinación			Rayos UV	x					
Eflorescencias									
Cultivos biológicos									
Fotodegradación de la lignina	x	Alta							
OBSERVACIONES: La madera envejecida 15 años simulados presenta fisuras que se extienden en toda la longitud de las muestras, también se ha notado fotodegradación, rajado y pequeños rastros de alteración en el color de la madera. Existe una disminución considerable en la resistencia perpendicular a la fibra, mientras que en las otras dos solicitaciones la resistencia aumentó respecto a su estado inicial, cabe notar que su humedad sigue en decremento.									

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.4.2.5. Análisis de las muestras en los 20 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.55.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN MADERA A LOS 20 AÑOS DE SIMULACIÓN

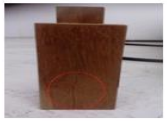
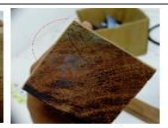
ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN MADERA									
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN									
Años simulados		20	Fecha de experimentación			22/02/2018			
Número de probetas ensayadas		17	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)			69			
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento		15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas			% H	65 y 60	T ºc	35 y 15
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS									%
ENSAYOS REALIZADOS	Compresión perpendicular a la fibra	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)		190,9	Resistencia obtenida inicial kg/cm^2	218,42	Variación de resistencia	Disminuyó	-12,60
	Compresión paralela a la fibra			640,54		460,36		Aumentó	39,14
	Flexión			1101,79		984,29		Aumentó	11,94
	Humedad	Humedad promedio obtenida %		8,57	Humedad inicial %	15,91	Var. Humedad	Disminuyó	-46,13
PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN MADERA(COLORADO)									
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA				
Defectos de crecimiento			Ciclos de humedecimiento y secado	x					
Fisuras	x	Alta	Dilatación y contracción por temperatura	x					
Microfisuras			Humedades y temperaturas altas	x					
Agrietamiento y rajado	x	Alta	Duración de carga						
Deformabilidad de la madera			Ataque químico						
Alteración cromática	x	Moderada	Presencia de agua						
Calcinación			Rayos UV	x					
Eflorescencias	x	Baja							
Cultivos biológicos									
Fotodegradación de la lignina	x	Alta							
OBSERVACIONES: La madera envejecida 20 años simulados presenta fisuras profundas y extensas en casi todas las muestras, fotodegradación y rajado es común en todas las muestras, mientras que en una de las muestras se observó eflorescencias con moho. Existe una disminución de resistencia a la compresión perpendicular a la fibra y la humedad respecto al estado inicial de la madera, mientras que existe un incremento de resistencia en las solicitaciones de compresión paralela a la fibra y flexión.									

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.4.2.6. Resumen del análisis patológico de las muestras ensayadas

TABLA No 5.56.

RESUMEN DEL ANÁLISIS PATOLÓGICO EN MUESTRAS DE MADERA

RESUMEN DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS													
MATERIAL: MADERA													
ESTADO INICIAL				5 AÑOS SIMULADOS				10 AÑOS SIMULADOS					
  				 				 					
Patologías Encontradas	Ninguna			Patologías Encontradas	Fisuras			Patologías Encontradas	Fotodegradación de la lignina				
									Fisuras	rajado			
Degradación física	Ninguna			Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior			Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior Mayor respecto al estado inicial				
Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial	Comp. Perp.	0	Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial	-0,28		Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial	12,10			
		Comp.Paral.	0			27,22				23,61			
		Flexión	0			23,06				-34,05			
		Humedad	0			-9,30				-46,13			
	Respecto al ciclo anterior	Comp. Perp.	0		Respecto al ciclo anterior	-0,28			Respecto al ciclo anterior	12,38			
		Comp.Paral.	0			27,22				-3,60			
		Flexión	0			23,06				-57,11			
		Humedad	0			-9,30				-36,83			
15 AÑOS SIMULADOS								20 AÑOS SIMULADOS					
  								   					
Patologías Encontradas	Alteración cromática	Fotodegradación de la lignina						Patologías Encontradas	Fisuras	Alteración cromática	Fotodegradación de la lignina		
	Fisuras	Rajado							Rajado		Eflorescencias		
Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior Mayor respecto al estado inicial							Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior Mayor respecto al estado inicial				
Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial	Compresión perpendicular a la fibra(X)	-91,791					Variación mecánica de resistencia %	Respecto al ciclo inicial	Compresión perpendicular a la fibra	-12,60		
		Compresión paralela a la fibra	14,402							Compresión paralela a la fibra	39,14		
		Flexión	8,734							Flexión	11,94		
		Humedad	-46,072							Humedad	-46,13		
	Respecto al ciclo anterior	Compresión perpendicular a la fibra(x)	-103,892						Respecto al ciclo anterior	Compresión perpendicular a la fibra	79,191		
		Compresión paralela a la fibra	-9,212							Compresión paralela a la fibra	24,737		
		Flexión	42,784							Flexión	3,203		
		Humedad	0,063							Humedad	-0,063		

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.5. PLÁSTICOS

5.5.1. Policarbonato

5.5.1.1. Resultados de la experimentación mecánica

TABLA No 5.57.

RESULTADOS MECÁNICOS OBTENIDOS DE LA EXPERIMENTACIÓN EN POLICARBONATO

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN POLICARBONATO EN CADA CICLO DE PRUEBA				
Estado Inicial				
Cálculo de Inercia			Carga (N)	194.370
			Ancho (cm)	87.600
Espesor(cm)	0.838		Alto(cm)	0.808
Espesor de cuadros internos(cm)	0.100		Distancia entre apoyos(cm)	48.000
Ancho de cuadrados Internos(cm)	1.000		M(kg.cm)	237.761
Número de cuadrados internos	8.000		I(cm4)	0.232
Inercia Externa(cm^4) (1 cuadrado)	0.049		c (cm)	0.404
Inercia Interna(cm^4) (1 cuadrado)	0.017		Resistencia(kg/cm2)	**414.379**
Inercia total(cm^4)	0.254		Deflexión en centro de la luz(cm)	**2.7**
5 años simulados				
Cálculo de Inercia			Carga (N)	159.6
			Ancho (cm)	66.35
Espesor(cm)	0.869		Alto(cm)	0.876
Espesor de cuadros internos(cm)	0.1		Distancia entre apoyos(cm)	49
Ancho de cuadrados Internos(cm)	1		M(kg.cm)	199.297
Número de cuadrados internos	8		I(cm4)	0.213
Inercia Externa(cm^4) (1 cuadrado)	0.0547		c (cm)	0.438
Inercia Interna(cm^4) (1 cuadrado)	0.0200		Resistencia(kg/cm2)	**410.700**
Inercia total(cm^4)	0.2778		Deflexión en centro de la luz(cm)	**2.4**
10 años simulados				
Cálculo de Inercia			Carga (N)	179.67
			Ancho (cm)	89.87
Espesor(cm)	0.817		Alto(cm)	0.817
Espesor de cuadros internos(cm)	0.1		Distancia entre apoyos(cm)	47.5
Ancho de cuadrados Internos(cm)	1		M(kg.cm)	217.490
Número de cuadrados internos	8		I(cm4)	0.238
Inercia Externa(cm^4) (1 cuadrado)	0.045		c (cm)	0.409
Inercia Interna(cm^4)(1 cuadrado)	0.016		Resistencia(kg/cm2)	**372.848**
Inercia total(cm^4)	0.238		Deflexión en centro de la luz(cm)	**2**
15 años simulados				
Cálculo de Inercia			Carga (N)	178.26
			Ancho (cm)	47.6
Espesor(cm)	0.808		Alto(cm)	0.838
Espesor de cuadros internos(cm)	0.1		Distancia entre apoyos(cm)	47.6
Ancho de cuadrados Internos(cm)	1		M(kg.cm)	216.238
Número de cuadrados internos	8		I(cm4)	0.254
Inercia Externa(cm^4) (1 cuadrado	0.0440		c (cm)	0.419
Inercia Interna(cm^4) (1 cuadrado)	0.0150		Resistencia(kg/cm2)	**356.965**
Inercia total(cm^4)	0.2318		Deflexión en centro de la luz(cm)	**1.3**
20 años simulados				
Cálculo de Inercia			Carga (N)	175.75
			Ancho (cm)	88.83
Espesor(cm)	0.876		Alto(cm)	0.869
Espesor de cuadros internos(cm)	0.1		Distancia entre apoyos(cm)	45.5
Ancho de cuadrados Internos(cm)	1		M(kg.cm)	203.788
Número de cuadrados internos	6		I(cm4)	0.278
Inercia Externa(cm^4) (1 cuadrado)	0.0560		c (cm)	0.435
Inercia Interna(cm^4) (1 cuadrado)	0.0206		Resistencia(kg/cm2)	**318.739**
Inercia total(cm^4)	0.2125		Deflexión en centro de la luz(cm)	**1.1**

RESUMEN DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS DE POLICARBONATO	
Años Simulados	Resistencia a la flexión kg/ cm^2
0	414,379
5	410,700
10	372,848
15	356,965
20	318,739

Elaborado por PAZOS.C, 2018

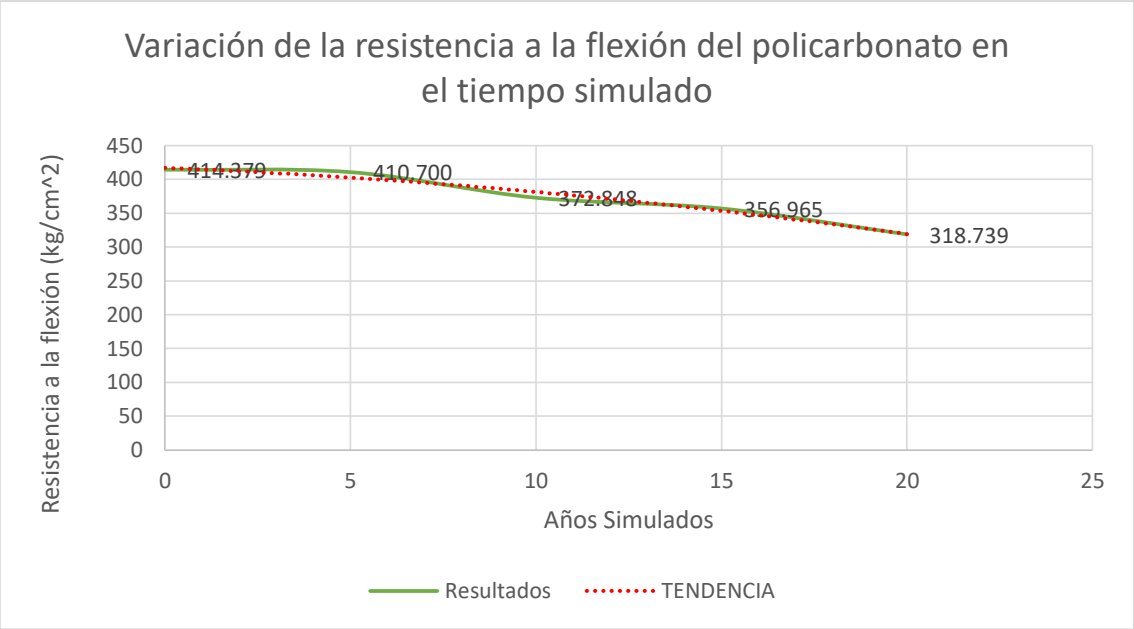


Figura 5.10. Variación en el tiempo de la resistencia a la flexión en policarbonato Elaborado por PAZOS.C, 2018

RESUMEN DE LA DEFLEXIÓN EN EL CENTRO DE LA LUZ EN PROBETAS DE POLICARBONATO	
Años Simulados	Deflexión(cm)
0	2,700
5	2,400
10	2,000
15	1,300
20	1,100

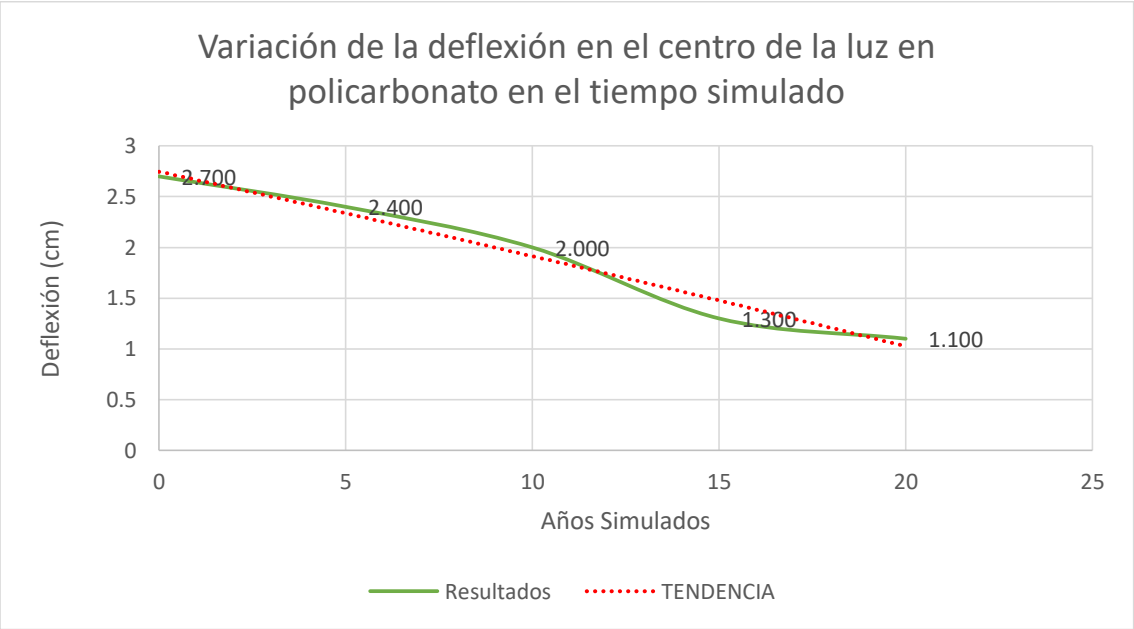


Figura 5.11. Variación en el tiempo de la deflexión en policarbonato Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.5.1.2. Análisis patológico de muestras

5.5.1.2.1. Análisis del estado inicial de las muestras

TABLA No 5.58.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS INICIALES EN POLICARBONATO

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN POLICARBONATO								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	0	Fecha de experimentación			15/12/2017			
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)			0			
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas			% H	65 y 60	T ºc	35 y 15
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS								%
ENSAYOS REALIZADOS	Flexión	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	414,379	Resistencia obtenida en muestras iniciales kg/cm^2	414,379	Variación de resistencia	Igual	0
		Deflexión en centro de la luz(cm)	2,7	Deflexión obtenida inicial (cm)	2,7	Variación de deflexión	Igual	0
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Grietas			Ciclos de humedecimiento y secado					
Fisuras			Dilatación y contracción por temperatura					
Microfisuras			Rayos UV					
Aumento en fragilidad			Humedades y temperaturas altas					
Desintegración			Ninguna	x				
Calcinación								
Manchas								
Cultivos biológicos								
Ninguna	x							
OBSERVACIONES: Las muestras de policarbonato utilizadas para la experimentación no presentan lesiones previas a la experimentación.								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.5.1.2.2. Análisis de las muestras en los 5 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.59.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN POLICARBONATO A LOS 5 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN POLICARBONATO								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	5	Fecha de experimentación		04/01/2018				
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		20				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS								%
ENSAYOS REALIZADOS	Flexión	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	410,7	Resistencia obtenida en muestras iniciales kg/cm^2	414,379	Variación de resistencia	Disminuyó	-0,89
		Deflexión en centro de la luz(cm)	2,5	Deflexión obtenida inicial (cm)	2,7	Variación de deflexión	Disminuyó	-7,41
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Grietas			Ciclos de humedecimiento y secado	x				
Fisuras			Dilatación y contracción por temperatura	x				
Microfisuras			Rayos UV	x				
Aumento en fragilidad	x	Baja	Humedades y temperaturas altas	x				
Desintegración			Ninguna					
Calcinación								
Manchas								
Cultivos biológicos								
Ninguna								
OBSERVACIONES: Las muestras de policarbonato envejecidas 5 años simulados no presentan lesiones en su estructura, pero en base al decremento en su deflexión y resistencia en menos del 10% se puede deducir un aumento pequeño en su fragilidad.								

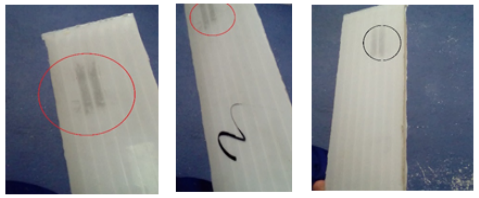
Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.5.1.2.3. Análisis de las muestras en los 10 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.60.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN POLICARBONATO A LOS 10 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN POLICARBONATO								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	10	Fecha de experimentación			25/01/2018			
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)			41			
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas			% H	65 y 60	T ºc	35 y 15
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS								%
ENSAYOS REALIZADOS	Flexión	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	372,35	Resistencia obtenida en muestras iniciales kg/cm^2	414,379	Variación de resistencia	Disminuyó	-10,14
		Deflexión en centro de la luz(cm)	2	Deflexión obtenida inicial (cm)	2,7	Variación de deflexión	Disminuyó	-25,93

PATOLOGÍAS PRESENTADAS					
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA
Grietas			Ciclos de humedecimiento y secado	x	
Fisuras			Dilatación y contracción por temperatura	x	
Microfisuras			Rayos UV	x	
Aumento en fragilidad	x	Moderada	Humedades y temperaturas altas	x	
Desintegración			Ninguna		
Calcinación	x	Baja			
Manchas	x	Baja			
Cultivos biológicos					
Ninguna					

OBSERVACIONES: Las muestras de policarbonato envejecidas 10 años simulados muestran pequeñas manchas de color gris localizadas cerca al corte de las probetas.
Existe un decremento en la deflexión mayor al 10% pero menor al 50% de aproximadamente 30%, la resistencia a flexión disminuyó en 10,1 % respecto al estado inicial de las probetas.

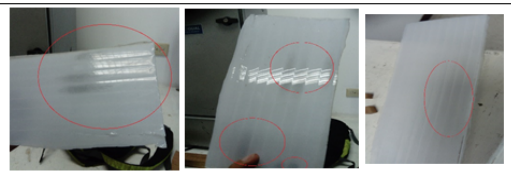
Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.5.1.2.4. Análisis de las muestras en los 15 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.61.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN POLICARBONATO A LOS 15 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN POLICARBONATO								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	15	Fecha de experimentación		06/02/2018				
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		53				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS								%
ENSAYOS REALIZADOS	Flexión	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	356,97	Resistencia obtenida en muestras iniciales kg/cm^2	414,379	Variación de resistencia	Disminuyó	-13,85
		Deflexión en centro de la luz(cm)	1,3	Deflexión obtenida inicial (cm)	2,7	Variación de deflexión	Disminuyó	-51,85

PATOLOGÍAS PRESENTADAS					
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA
Grietas			Ciclos de humedecimiento y secado	x	
Fisuras			Dilatación y contracción por temperatura	x	
Microfisuras			Rayos UV	x	
Aumento en fragilidad	x	Moderada	Humedades y temperaturas altas	x	
Desintegración			Ninguna		
Calcinación	x	Moderada			
Manchas	x	Moderada			
Cultivos biológicos					
Ninguna					

OBSERVACIONES: En las probetas de policarbonato envejecidas 15 años simulados la presencia de manchas de calcinación es mayor al ciclo anterior, pero no superan la mitad de las dimensiones de la probeta.
La deflexión en el centro de la luz disminuyó un 51,9 % respecto a la deflexión inicial, mientras que la resistencia disminuyó un 13,9 %.

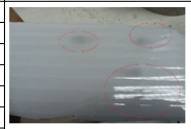
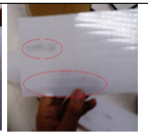
Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.5.1.2.5. Análisis de las muestras en los 20 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.62.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN POLICARBONATO A LOS 20 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN POLICARBONATO								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	20	Fecha de experimentación		22/02/2018				
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		69				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
ANÁLISIS MECÁNICO DE RESULTADOS								%
ENSAYOS REALIZADOS	Flexión	Resistencia promedio obtenida (kg/cm^2)	318,74	Resistencia obtenida en muestras iniciales kg/cm^2	414,379	Variación de resistencia	Disminuyó	-23,08
		Deflexión en centro de la luz(cm)	1,1	Deflexión obtenida inicial (cm)	2,7	Variación de deflexión	Disminuyó	-59,26

PATOLOGÍAS PRESENTADAS					
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA
Grietas			Ciclos de humedecimiento y secado	x	  
Fisuras			Dilatación y contracción por temperatura	x	
Microfisuras			Rayos UV	x	
Aumento en fragilidad	x	Alta	Humedades y temperaturas altas	x	
Desintegración			Ninguna		
Calcinación	x	Moderada			
Manchas	x	Moderada			
Cultivos biológicos					
Ninguna					

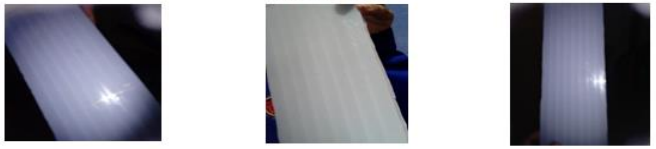
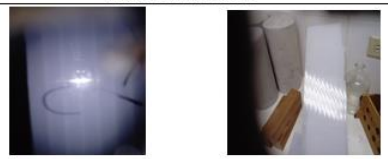
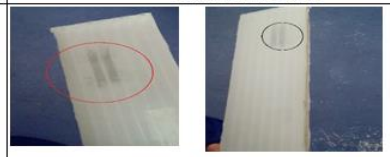
OBSERVACIONES: Las muestras de policarbonato envejecidas 20 años simulados muestran manchas de calcinación con mayor frecuencia y extensión que las presentadas en el ciclo anterior, sin embargo no cubren toda la probeta.
El decremento de la deflexión respecto al estado inicial de las probetas supero el 50% llegando a 59,3% y el decremento de la resistencia llegó a un 23,01%.

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.5.1.2.6. Resumen del análisis patológico de las muestras ensayadas

TABLA No 5.63.

RESUMEN DEL ANÁLISIS PATOLÓGICO EN MUESTRAS DE POLICARBONATO

<table>
<tr><td colspan="8">RESUMEN DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS</td></tr>
<tr><td colspan="8">MATERIAL: POLICARBONATO</td></tr>
<tr><td colspan="3">ESTADO INICIAL</td><td colspan="2">5 AÑOS SIMULADOS</td><td colspan="3">10 AÑOS SIMULADOS</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="2"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Patologías Encontradas</td><td colspan="2" rowspan="2">Ninguna</td><td rowspan="2">Patologías Encontradas</td><td rowspan="2">Aumento en la fragilidad</td><td rowspan="3">Patologías Encontradas</td><td colspan="2">Aumento en la fragilidad</td></tr>
<tr><td colspan="2">Calcinación</td></tr>
<tr><td>Degradación física</td><td colspan="2">Ninguna</td><td>Degradación física</td><td>Ninguna</td><td colspan="2">Manchas</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Variación mecánica de resistencia %</td><td rowspan="2">Respecto al ciclo inicial</td><td>Flexión</td><td>0</td><td rowspan="4">Variación mecánica de resistencia %</td><td rowspan="2">Respecto al ciclo inicial</td><td>-0,89</td><td rowspan="4">Variación mecánica de resistencia %</td><td rowspan="2">Respecto al ciclo inicial</td><td>-10,14</td></tr>
<tr><td>Deflexión</td><td>0</td><td>-7,41</td><td>-25,93</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Respecto al ciclo anterior</td><td>Flexión</td><td>0</td><td rowspan="2">Respecto al ciclo anterior</td><td>-0,89</td><td rowspan="2">Respecto al ciclo anterior</td><td>-9,25</td></tr>
<tr><td>Deflexión</td><td>0</td><td>-7,41</td><td>-18,52</td></tr>
<tr><td colspan="4">15 AÑOS SIMULADOS</td><td colspan="4">20 AÑOS SIMULADOS</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Patologías Encontradas</td><td colspan="2">Calcinación</td><td>Manchas</td><td rowspan="2">Patologías Encontradas</td><td colspan="2">Calcinación</td><td>Manchas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Aumento en fragilidad</td><td colspan="2">Aumento en fragilidad</td></tr>
<tr><td>Degradación física</td><td colspan="3">Mayor respecto al estado inicial
Mayor respecto al ciclo anterior</td><td>Degradación física</td><td colspan="3">Mayor respecto al estado inicial
Mayor respecto al ciclo anterior</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Variación mecánica de resistencia %</td><td rowspan="2">Respecto al ciclo inicial</td><td>Flexión</td><td>-13,85</td><td rowspan="4">Variación mecánica de resistencia %</td><td rowspan="2">Respecto al ciclo inicial</td><td>Flexión</td><td>-23,08</td></tr>
<tr><td>Deflexión</td><td>-51,85</td><td>Deflexión</td><td>-59,26</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Respecto al ciclo anterior</td><td>Flexión</td><td>-3,71</td><td rowspan="2">Respecto al ciclo anterior</td><td>Flexión</td><td>-9,23</td></tr>
<tr><td>Deflexión</td><td>-25,93</td><td>Deflexión</td><td>-7,41</td></tr>
</table>

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.5.2. PVC

5.5.2.1. Análisis patológico de muestras

5.5.2.1.1. Análisis del estado inicial de las muestras

TABLA No 5.64.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS INICIALES EN PVC

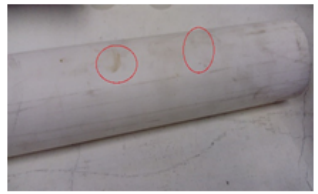
ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PVC								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	0	Fecha de experimentación		15/12/2017				
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		0				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA TUBERÍA DE PVC								
DIÁMETRO DE TUBERÍA(mm)			75					
ENSAYO REALIZADO			Inspección visual del nivel de degradación de la tubería					
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL ESTADO DE LA TUBERÍA DE PVC RESPECTO A SU ESTADO INICIAL			MAYOR		IGUAL	x	MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL ESTADO DE LA TUBERÍA DE PVC RESPECTO AL CICLO ANTERIOR			MAYOR		IGUAL	x	MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Grietas			Ciclos de humedecimiento y secado					
Fisuras			Dilatación y contracción por temperatura					
Microfisuras			Rayos UV	x				
Aumento en fragilidad			Humedades y temperaturas altas	x				
Desintegración			Ninguna					
Calcinación	x	Baja						
Manchas	x	Baja						
Cultivos biológicos								
Ninguna								
OBSERVACIONES: La tubería utilizada para la experimentación presenta previamente cierta cantidad de manchas de calcinación o ralladuras que no perjudican la estructura de la tubería.								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.5.2.1.2. Análisis de las muestras en los 5 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.65.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PVC A LOS 5 AÑOS DE SIMULACIÓN

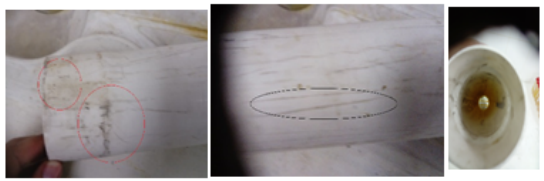
ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PVC								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	5	Fecha de experimentación		04/01/2018				
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		20				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA TUBERÍA DE PVC								
DIÁMETRO DE TUBERÍA(mm)				75				
ENSAYO REALIZADO				Inspección visual del nivel de degradación de la tubería				
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL ESTADO DE LA TUBERÍA DE PVC RESPECTO A SU ESTADO INICIAL				MAYOR		IGUAL	x	MENOR
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL ESTADO DE LA TUBERÍA DE PVC RESPECTO AL CICLO ANTERIOR				MAYOR		IGUAL	x	MENOR
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Grietas			Ciclos de humedecimiento y secado					
Fisuras			Dilatación y contracción por temperatura					
Microfisuras			Rayos UV					
Aumento en fragilidad			Humedades y temperaturas altas	x				
Desintegración			Ninguna					
Calcinación	x	Baja						
Manchas	x	Baja						
Cultivos biológicos								
Ninguna								
OBSERVACIONES: La tubería de PVC envejecida 10 años simulados presenta similar cantidad de manchas de calcinación y rajaduras con respecto al estado inicial de las muestras.								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.5.2.1.3. Análisis de las muestras en los 10 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.66.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PVC A LOS 10 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PVC								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	10	Fecha de experimentación		25/01/2018				
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		41				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA TUBERÍA DE PVC								
DIÁMETRO DE TUBERÍA(mm)				75				
ENSAYO REALIZADO				Inspección visual del nivel de degradación de la tubería				
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL ESTADO DE LA TUBERÍA DE PVC RESPECTO A SU ESTADO INICIAL				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL ESTADO DE LA TUBERÍA DE PVC RESPECTO AL CICLO ANTERIOR				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Grietas			Ciclos de humedecimiento y secado	x				
Fisuras			Dilatación y contracción por temperatura					
Microfisuras			Rayos UV	x				
Aumento en fragilidad			Humedades y temperaturas altas	x				
Desintegración			Ninguna					
Calcinación	x	Baja						
Manchas	x	Baja						
Cultivos biológicos								
Ninguna								
OBSERVACIONES: La tubería de PVC envejecida 10 años simulados presenta manchas de calcinación y rajaduras con intensidad mayor al ciclo anterior, también se ha observado calcinación leve en el interior y en el cuello de la tubería.								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.5.2.1.4. Análisis de las muestras en los 15 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.67.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PVC A LOS 15 AÑOS DE SIMULACIÓN

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PVC								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	15	Fecha de experimentación		06/02/2018				
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		53				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA TUBERÍA DE PVC								
DIÁMETRO DE TUBERÍA(mm)				75				
ENSAYO REALIZADO				Inspección visual del nivel de degradación de la tubería				
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL ESTADO DE LA TUBERÍA DE PVC RESPECTO A SU ESTADO INICIAL				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL ESTADO DE LA TUBERÍA DE PVC RESPECTO AL CICLO ANTERIOR				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Grietas			Ciclos de humedecimiento y secado	x				
Fisuras			Dilatación y contracción por temperatura					
Microfisuras			Rayos UV	x				
Aumento en fragilidad			Humedades y temperaturas altas	x				
Desintegración			Ninguna					
Calcinación	x	Baja						
Manchas	x	Baja						
Cultivos biológicos								
Ninguna								
OBSERVACIONES: En la tubería de PVC envejecida 15 años se ha observado el incremento de manchas y rastros de calcinación respecto al ciclo anterior, sin embargo no se ha observado rastros de degradación de la estructura del material.								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.5.2.1.5. Análisis de las muestras en los 20 años simulados en la cámara de envejecimiento

TABLA No 5.68.

RESULTADOS DE PATOLOGÍAS OBTENIDAS EN PVC A LOS 20 AÑOS DE SIMULACIÓN

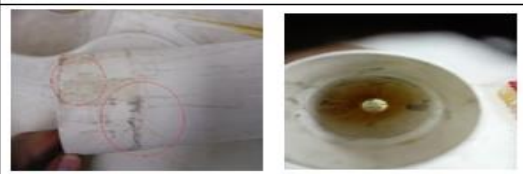
ANÁLISIS PATOLÓGICO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PVC								
DETALLES DE LA EXPERIMENTACIÓN								
Años simulados	20	Fecha de experimentación		22/02/2018				
Número de probetas ensayadas	1	Tiempo en cámara de envejecimiento(días)		69				
Fecha de ingreso a la cámara de envejecimiento	15/12/2017	Humedades y temperaturas aplicadas		% H	65 y 60	T ºc	35 y 15	
DETALLES DE LA TUBERÍA DE PVC								
DIÁMETRO DE TUBERÍA(mm)				75				
ENSAYO REALIZADO				Inspección visual del nivel de degradación de la tubería				
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL ESTADO DE LA TUBERÍA DE PVC RESPECTO A SU ESTADO INICIAL				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
VARIACIÓN CUALITATIVA DEL ESTADO DE LA TUBERÍA DE PVC RESPECTO AL CICLO ANTERIOR				MAYOR	x	IGUAL		MENOR	
PATOLOGÍAS PRESENTADAS								
Lesiones		Intensidad de lesión	Posibles causas		FIGURA			
Grietas			Ciclos de humedecimiento y secado	x				
Fisuras			Dilatación y contracción por temperatura					
Microfisuras			Rayos UV	x				
Aumento en fragilidad			Humedades y temperaturas altas	x				
Desintegración	x	Baja						
Calcinación	x	Moderada						
Manchas	x	Moderada						
Cultivos biológicos								
OBSERVACIONES: La tubería de PVC envejecida 20 años simulados presenta en toda su estructura manchas y rastros de calcinación, en zonas como el cuello de la tubería se presenta una pequeña desintegración del material.								

Elaborado por PAZOS.C, 2018

5.5.2.1.6. Resumen del análisis patológico de las muestras ensayadas

TABLA No 5.69.

RESUMEN DEL ANÁLISIS PATOLÓGICO EN MUESTRAS DE PVC

RESUMEN DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS					
MATERIAL: PVC					
ESTADO INICIAL		5 AÑOS SIMULADOS		10 AÑOS SIMULADOS	
					
Patologías Encontradas	Calcinación Manchas	Patologías Encontradas	Calcinación Manchas	Patologías Encontradas	Calcinación Manchas
Degradación física	Degradación inicial	Degradación física	Igual al ciclo anterior	Degradación física	Mayor al ciclo anterior Mayor al estado inicial
15 AÑOS SIMULADOS		20 AÑOS SIMULADOS			
					
Patologías Encontradas	Calcinación Manchas	Patologías Encontradas	Calcinación Manchas	Desintegración	
Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior Mayor respecto al estado inicial	Degradación física	Mayor respecto al ciclo anterior Mayor respecto al estado inicial		

Elaborado por PAZOS.C, 2018

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

6.1.1. Hormigón Simple

- Las muestras de hormigón simple presentaron al final de la experimentación moderado grado de desintegración y descascaramiento, así como fisuras en todas las muestras experimentadas, se puede esperar que en lapsos de tiempos mayores o iguales a 20 años elementos de hormigón simple como pisos o gradas de exteriores de edificaciones presenten desprendimientos y fisuras en su estructura.
- La resistencia a la compresión presenta un aumento máximo de resistencia de 74% a los 20 años de simulación, observando un decremento de resistencia a los 15 años de simulación.

6.1.2. Hormigón Armado

- Las muestras de hormigón armado presentaron al final de la experimentación moderado grado de desintegración y descascaramiento, así como fisuras en todas las muestras experimentadas, se puede esperar que en lapsos de tiempos mayores o iguales a 20 años elementos de hormigón armado como vigas, columnas y losas presenten desprendimientos y fisuras en su estructura sin exposición de la varilla de refuerzo.
- La varilla de refuerzo presenta corrosión uniforme a lo largo de la varilla pero de baja consideración debido a que la corrosión no penetra la estructura interna de la varilla por lo tanto es una corrosión netamente superficial.
- Los resultados de resistencia a la compresión en las muestras de hormigón armado realizadas inicialmente muestran un descenso de resistencia a los 15 años de simulación y se iguala a la resistencia de diseño a los 20 años de simulación; por este motivo se optó por elaborar nuevas probetas con agregado de la mina de Guayllabamba, las muestras de hormigón armado fueron ensayadas a los 15 y 20 años de simulación obteniendo un aumento progresivo del 70 al 89% respecto a la resistencia de diseño.

  Se concluye que la resistencia a la compresión del hormigón no solo depende del entorno al que se encuentre expuesto, sino también de los materiales de los cuales se encuentre compuesto el hormigón como el agregado, agua y cemento, así como de su correcta dosificación y curado.

6.1.3. Mortero

- Las muestras de mortero presentaron al final de la experimentación alta concentración de grietas, desprendimientos y alto grado de desintegración; por lo tanto si el mortero utilizado para la construcción de mampostería en la ciudad de Quito es tipo M se puede esperar que en lapsos de tiempo iguales o mayores a 20 años el mortero se degrade de tal forma que se desprenda de los elementos a los cuales se encuentre adheridos.
- Con respecto a la resistencia a la compresión del mortero, aumenta hasta un máximo de resistencia de 57,6% respecto al estado inicial del mortero, a partir de este punto existe un descenso en la resistencia llegando a un incremento en la resistencia a la compresión en 20 años de simulación de 46,75% respecto a su estado inicial y una disminución de resistencia de 10,85% desde el décimo año de simulación hasta vigésimo año de simulación.

6.1.4. Perfilería Metálica

- El perfil tipo canal”U” sin recubrimiento utilizado para la experimentación al final de los 20 años simulados presentó corrosión uniforme en gran parte del perfil con una pequeña penetración de la corrosión en su estructura.
- El perfil tipo correa ”G” sin recubrimiento utilizado para la experimentación al final de los 20 años simulados presentó corrosión uniforme en gran parte del perfil, así como corrosión localizada en ciertas partes de las alas del perfil, también presenta una pequeña penetración de la corrosión en la estructura del perfil.
- Los perfiles recubiertos con pintura anticorrosiva al final de la experimentación presentaron baja presencia de corrosión en zonas parcialmente pintadas, sin que esta llegue a penetrar la superficie del perfil.

  En un tiempo mayor o igual a 20 años se espera que perfiles sin recubrimiento presenten corrosión en gran parte del perfil sin destrucción significativa de la estructura del perfil, se debe tener en cuenta que factores como las precipitaciones y la contaminación puede incrementar la severidad de la corrosión.

6.1.5. Madera

- Las muestras de madera “Colorado“ utilizadas para la experimentación clasificada como tipo A según la NEC, presenta al final de la experimentación un alto rajado y fotodegradación en su estructura, así como una alta concentración de fisuras en la mayoría de las muestras y baja presencia de eflorescencias; se debe tomar en cuenta que construcciones realizadas con madera en los próximos 20 años se pueden ver afectadas por estas lesiones y otros factores como hongos e insectos, así como contaminación ambiental que pueden afectar a la capacidad mecánica de la madera.
- La madera ensayada sufre una disminución de humedad al final de la experimentación de 46,13%, este proceso de secado ha permitido la aparición de fisuras en la madera, sin embargo la resistencia a la flexión y compresión paralela a la fibra aumentaron 11,94% y 39,14% respectivamente, por lo tanto en 20 o más años elementos sometidos a estas solicitaciones no tendrían problemas mecánicos, mientras que elementos sometidos a solicitaciones de compresión perpendicular a la fibra como vigas cortas pueden sufrir problemas de carácter mecánico ya que en la experimentación esta resistencia decayó en 12,60%.

6.1.6. Policarbonato

- El policarbonato ensayado presenta al final de la experimentación manchas de calcinación en gran parte de la probeta, principalmente producidas por la exposición a rayos UV en la cámara de envejecimiento; en cubiertas realizadas con policarbonato en la ciudad de Quito dentro de los próximos 20 años podríamos presenciar cambios de aspecto visual en dichas cubiertas.
- El policarbonato mostró una disminución de su resistencia a la flexión en cada uno de los años simulados llegando a una disminución de resistencia del 23,08% al final de la experimentación mientras que se determinó una disminución de

su deflexión del 59,26%, con lo que se puede deducir que existió un incremento de fragilidad del material.

6.1.7. PVC

- La muestra de PVC sometida a ciclos de radiación, temperatura y humedad presenta manchas de calcinación dentro y afuera de la tubería que no superan la mitad de la longitud de la misma, por lo tanto se espera que en un tiempo mayor o igual a 20 años el cambio de aspecto visual de la tubería sea moderada y su fragilidad podría incrementarse si la tubería se encuentra expuesta al ambiente, esto podría perjudicar a tuberías de PVC que se encuentran a presión constante como las de agua potable.

6.2. RECOMENDACIONES

6.2.1. Dado que todos los materiales sufrieron algún tipo de degradación ante los parámetros establecidos en la cámara de envejecimiento, se recomienda que cualquier construcción que contenga elementos de hormigón, acero, mortero, madera y plástico reciba el mantenimiento adecuado antes de 20 años de vida útil de la construcción.

6.2.2. Se recomienda el uso de recubrimientos como pinturas o preservantes en el caso de utilizar en la construcción elementos de madera, y así prevenir lesiones en el material y proliferación de hongos, musgos e insectos.

6.2.3. Se recomienda la utilización de pintura anticorrosiva como recubrimiento de perfiles estructurales utilizados en edificaciones, puentes, entre otros; en el caso de no poder utilizar estos recubrimientos, es necesario que los perfiles no se encuentren totalmente expuestos al ambiente.

6.2.4. Se recomienda el mantenimiento continuo o el cambio de paneles de policarbonato utilizados en cubiertas antes de 20 años desde su instalación, debido al aumento de fragilidad que estas cubiertas pueden sufrir.

Se recomienda que las tuberías de PVC utilizadas en instalaciones hidrosanitarias no se encuentren expuestas al ambiente por su tendencia a ganar fragilidad en el tiempo.

6.2.5. Se recomienda el uso de agregado de calidad que cumpla los requisitos mínimos recomendados por la normativa ecuatoriana para la fabricación del hormigón, es importante la utilización de aditivos como impermeabilizantes que impidan un paso importante de agua u otros elementos al acero de refuerzo utilizados en construcciones quiteñas, pese a que el nivel de corrosión obtenido en la experimentación en las varillas de refuerzo es bajo, otros factores externos como contaminación, factores químicos y biológicos pueden agravar la corrosión y perjudicar la capacidad mecánica de los elementos de hormigón armado.

6.3. BIBLIOGRAFÍA

(26 de Febrero de 2015). Obtenido de Guiaspracticas: http://www.guiaspracticas.com/estaciones-meteorologicas/heliografo

(2017). Obtenido de Direct INDUSTRY: http://www.directindustry.es/prod/delta-ohm/product-25140-589400.html

Aguirre, N. (2010). El cambio climático y la conservación de la biodiversidad en el Ecuador. *MICCAMBIO*, 31.

Atlas. (2007). *El Orbe y Costa Rica.* San José: Norma.

BBC. (1 de Diciembre de 2015). Obtenido de Impactoevangelistico: http://impactoevangelistico.net/noticia/7012-ola-protestas-mundial-exige-actuar-contra-cambio-climatico

Becker, D. (25 de 05 de 2015). *Cambio climático global*. Obtenido de cambioclimaticoglobal.com

Biología en línea. (7 de Febrero de 2011). Obtenido de biologygmh.com

BLANDIN LANDÍVAR, C. (1976). *El clima y sus características en el Ecuador.* Quito: Asamblea general y reuniones panamericanas de consultas conexas.

Broto, C. (2006). *Enciclopledia Broto de patologías de la construcción.* Links International Collection.

Canizales, C. (04 de 12 de 2016). *Cambio Climático.org*. Obtenido de http://www.cambioclimatico.org/tema/efectos-del-cambio-climatico

CASTILLO, M. (30 de Septiembre de 2015). Obtenido de Expansion: http://www.expansion.com/economia/2015/09/29/560a7810e2704e027c8b4585.html

CEAC, E. (1983). *Materiales para la construcción.* Barcelona: ediciones ceac.

Clima-de. (2018). Obtenido de http://www.clima-de.com/canada/

DIESTRE, R. (2012). *LOS CINTURONES DE ALTAS Y BAJAS PRESIONES.*

DMQ, S. A. (2016). *ATLAS AMBIENTAL, Quito Sostenible.* Quito: 2016.

DONN, W. (1978). *Meteorología.* New York: McGraw-Hill.

Elguera, A. M. (2004). *Patologías Elementales.* Buenos Aires: nobuko.

Florencia. (28 de Noviembre de 2008). *definiciónabc*. Obtenido de https://www.definicionabc.com/general/niebla.php

GILBER, L. (8 de Febrero de 2012). Obtenido de Red educativa de ciencias naturales: http://rededucativadecienciasnaturales.blogspot.com/2012/02/blog-post.html

GONZÁLEZ ARMADA, C. (2010). *Cambio Climático: Causas, Consecuencias y Soluciones.* Madrid: AMV EDICIONES.

KAMIL, I. (2017). Bersabar dan Bersyukur Atas Kesenangan dan Kesusahan. *hidayatullah*, 40.

Miller, G. (12 de 02 de 2013). *Meteoblue*. Obtenido de https://content.meteoblue.com/es/help/weather-variables/humidity

PERÚ(PUCP), P. U. (2012). *PUCP*. Obtenido de http://meteorologia.pucp.edu.pe/estacion/bchumedade.html

QUEREDA SALA, J. (2005). *Curso de climatología general.* Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I.

Respuestas.tips. (Julio de 2014). Obtenido de https://respuestas.tips/capas-de-la-atmosfera/

REYES COCA, S. (2002). *Introducción a la Meteorología.* Baja California: Universidad Autónoma de Baja California.

RODRÍGUEZ ANDRADES, M., & MÚÑEZ LEÓN, C. (2012). *Fundamentos de Climatología.* Logroño: Universidad de la Rioja, Servicio de Publicaciones.

RODRÍGUEZ JIMÉNEZ, R. M., & PORTELA LOZANO, A. (2004). *Meteorología y Climatología.* Madrid: FECYT(Fundación Española para la Ciencia y Tecnología).

RODRIGUEZ, A. (2014). *ilsareodeclimas*. Obtenido de http://ilsareodeclimas.blogspot.com/p/clima-de-montana.html

SÁNCHEZ DE GUZMÁN, D. (2002). *Durabilidad y Patología del Concreto.* Bogota: Asocreto.

SÁNCHEZ, M. (1 de Junio de 2017). Obtenido de Meteorologiaenred: https://www.meteorologiaenred.com/clima-polar.html

Secretaría de turismo de Chile, G. d. (2018). Obtenido de Chile.travel: http://chile.travel/donde-ir/norte-desierto-atacama

Teleformación. (2012). Obtenido de http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/AYC/document/atmosfera_y_clima/presion/variacionPres.htm

VIÑAS, M. (2004). La escarcha. *divulgameteo*.

ZÚÑIGA LÓPEZ, I., & CRESPO DEL ARCO, E. (2010). *Meteorología y Climatología.* Caracas: Editorial UNED.

(NEC), N. E. (2015). *Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado.* Quito: Ministerio de desarrollo urbano y de vivienda.

ALACERO. (2015). *ALACERO.ORG.* Obtenido de https://www.alacero.org/es/page/el-acero/caracteristicas-del-acero

ALARIO, E. (05 de Febrero de 2012). *enriquealario.com.* Obtenido de https://enriquealario.com/fisuras-de-origen-no-estructural-en-elementos-de-hormigon-ii/

Amador, Á. (26 de Diciembre de 2014). *Masqueingeniería.* Obtenido de https://masqueingenieria.com/blog/ensayos-a-traccion-indirecta-del-hormigon/

Andes. (31 de OCTUBRE de 2013). *La industria ecuatoriana avanza en la producción de acero con el reciclaje de chatarra.* Obtenido de https://www.andes.info.ec/es/noticias/economia/1/21481

ASKELAND, D., & PHULÉ, P. (2009). *Ciencia e ingeniería de los materiales.* México D.F: CENGAGE Learning.

ASTM D143, A. I. (2014). *Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber.* ASTM INTERNATIONA.

BALLABRIGA, M. (18 de Junio de 2016). *slideshare.net*. Obtenido de https://es.slideshare.net/marianyelys_08/corrosion-y-cienciadelacorrosion

Broto, C. (2005). *Enciclopedia Broto de patologías de la construcción.* Links International.

CABEZAS, R. (1985). *Manual de laboratorio de resistencia de materiales.* Quito.

CASTILLO, G. (01 de Junio de 2015). *es.slideshare.net*. Obtenido de https://es.slideshare.net/Ger_Castillo/costos-directos-por-corrosion

CEAC, E. C. (1983). *Materiales para la construcción.* Barcelona: Ediciones CEAC.

CHAVERO.A. (25 de Enero de 2008). *http://contenidos.educarex.es*. Obtenido de http://contenidos.educarex.es/mci/2008/01/preparacion/tratamiento_anticorrosivo_antisonoro/formas_corrosion/formas_corrosion.htm

CIVILGEEKS. (08 de Marzo de 2011). Obtenido de https://civilgeeks.com/2011/03/18/resistencia-a-la-flexion-del-concreto/

CIVILGEEKS. (17 de Marzo de 2011). Obtenido de https://civilgeeks.com/2011/03/17/resistencia-del-concreto-en-una-estructura/

CYPE INGENIEROS, S. (08 de Enero de 2018). *generadordeprecios.info.* Obtenido de http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Revestimientos_y_trasdosados/RY_Preparaciones__protecciones__r/Reparaciones/RYY021_Reparacion_de_grieta_en_revestimien.html

dearkitectura.blogspot. (04 de Diciembre de 2011). Obtenido de http://dearkitectura.blogspot.com/2011/12/que-es-la-oxidacion-de-los-metales-la.html

DINARF, C. (31 de Enero de 2010). *oas.org*. Obtenido de https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea32s/ch20.htm

elconstructorcivil.com. (01 de Enero de 2011). Obtenido de http://www.elconstructorcivil.com/2011/01/resistencia-del-concreto.html

elconstructorcivil.com. (13 de Febrero de 2012). Obtenido de http://www.elconstructorcivil.com/2011/02/propiedades-de-la-madera-compresion.html

ENCONCRETO, I. (30 de Marzo de 2013). *enconcretove.blogspot.* Obtenido de http://enconcretove.blogspot.com/2013/03/musgo-y-moho-sobre-el-concreto_30.html

es.dreamstime. (13 de Junio de 2017). Obtenido de https://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-fragmento-concreto-cubierto-con-el-hongo-image45286663

estadios.org. (23 de Mayo de 2018). Obtenido de www.estadios.org/ecuador/7780/coliseo-general-rumi-ntilde-ahui/

E-STRUC. (17 de Abril de 2015). *Corrosión del acero estructural. Dos casos reales.* Obtenido de http://e-struc.com/2015/04/17/corrosion-del-acero-estructural-dos-casos-reales/

GARCÍA, M. (15 de Mayo de 2018). *blog.360gradosenconcreto.* Obtenido de http://blog.360gradosenconcreto.com/corrosion-del-acero-de-refuerzo/

gpacero.es. (23 de Mayo de 2018). Obtenido de http://www.gpacero.es/portfolio-item/barras-corrugadas-acero/

grupoconstruya. (12 de Noviembre de 2012). Obtenido de http://www.grupoconstruya.com.ar/notas/Informes_Detalles?CCTN=3406&CINF=314

guiaartesanaldelecuador.com. (02 de Agosto de 2017). Obtenido de http://guiaartesanaldelecuador.com/tag/mamposteria/

HEGGER, M., DREXLER, H., & ZEUMER, M. (2010). *MATERIALES.* Barcelona: Gustavo Gili.

hesspumice.com. (03 de Marzo de 2017). Obtenido de http://www.hesspumice.com/_spanish/pumice-pages/pumice-uses/pumice-pozzolan-mitigates-asr.html

IMCYC. (04 de Febrero de 2012). Obtenido de http://www.imcyc.com/revistacyt/febrero2012/arttecnologia.html

Indumix.net. (2018). Obtenido de https://www.indumix.net/es

INEN 1108, I. E. (2014). *AGUA POTABLE. REQUISITOS.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.

INEN 1511, I. E. (2011). *ALAMBRE CONFORMADO EN FRÍO PARA HORMIGÓN ARMADO.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.

INEN 152, I. E. (2012). *CEMENTO PORTLAND. REQUISITOS.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.

INEN 2518, I. E. (2010). *Morteros para unidades de mampostería. Requisitos.* Instituto Ecuatoriano de Normalización .

INEN 2536, I. E. (2011). *Áridos para uso de mortero en mampostería.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.

INEN 872, I. E. (2011). *Áridos para hormigón. Requisitos.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.

ingcivil.org. (12 de Noviembre de 2012). Obtenido de http://ingcivil.org/como-prevenir-las-eflorescencias-en-el-hormigon/

Junta del acuerdo de Cartagena, P.-R. (1984). *Manual de diseño para maderas del Grupo Andino.* Lima: Junta del acuerdo de Cartagena.

JVW-SI. (2015). Obtenido de http://www.jvw-si.com/content/twin-towers-0

LARA, L. (2010). *Manual visualizado de laboratorio de hormigones.* Quito.

libertadintegral.net. (16 de Abril de 2013). Obtenido de http://libertadintegral.net/causas-de-la-degeneracion-del-concreto/

mallasomnia.com. (23 de Mayo de 2018). Obtenido de http://www.mallasomnia.com/producto/mallas-especiales-para-losas-armadas/

MAMLOUK, M., & ZANIEWSKI, J. (2009). *Materiales para Ingeniería Civil.* Madrid: PEARSON.

MATEIS-CORRIS, L. (23 de Mayo de 2018). *cdcorrosion.com*. Obtenido de http://www.cdcorrosion.com/mode_corrosion/corrosion_uniform.htm

Mcapdevila, C. (15 de Marzo de 2016). *patologiasconstruccion.net*. Obtenido de https://www.patologiasconstruccion.net/2016/03/corrosion-galvanica/

McCORMAC, J., & CSERNAK, S. (2013). *Diseño de estructuras de acero.* México D.F: Alfaomega.

Mejia, S. (27 de Octubre de 2013). *Causas de daños en el concreto.* Obtenido de https://es.slideshare.net/SergioPap/patologia-del-concreto-causas-de-daos-en-el-concreto

MESA, J. (23 de Diciembre de 2017). *eurekaciencia.com.* Obtenido de http://www.eurekaciencia.com/naturales/microbiologia/bacterias-arreglan-fisuras-en-concreto-nuevo-bioingenieria/

MODENESE, P. (2015). *Manual de obra.* Quito: Don Bosco.

NAVARRO, J., SANDOVAL, A., & PREIXENS, J. (2007). *Prevención de fallos con morteros monocapa.* Murcia: Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Transporte de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

NEC, N. e. (2015). *Estructuras de madera.* Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda.

noticias.universia. (22 de Junio de 2010). Obtenido de http://noticias.universia.cl/vida-universitaria/noticia/2010/06/22/407724/distinguir-fisuras-grietas-permitira-prevenir-danos-mayores.html

OSORIO, J. (28 de Febrero de 2011). *blog.360gradosenconcreto.* Obtenido de http://blog.360gradosenconcreto.com/que-hacer-cuando-se-presenta-fisuras-en-el-concreto/

OSORIO, J. (27 de Junio de 2012). *http://blog.360gradosenconcreto.com.* Obtenido de http://blog.360gradosenconcreto.com/carbonatacion-del-concreto-como-detectarla/

PALOMA, P. (17 de Abril de 2013). *es.slideshare.net*. Obtenido de https://es.slideshare.net/palomavpv/cmo-evitar-la-corrosin-18974030

PALOMINO, S., & MIRIAM, K. (12 de Mayo de 2014). *http://slideplayer.es.* Obtenido de http://slideplayer.es/slide/1129302/

PEÑALOSA, Y. (08 de Diciembre de 2017). *mindmeister.com*. Obtenido de https://www.mindmeister.com/es/935919507/tipos-de-corrosi-n

peritararquitectura.blogspot. (30 de Mayo de 2012). Obtenido de http://peritararquitectura.blogspot.com/2012/05/agrietamiento-por-dilatacion.html

pinterest.es. (02 de Julio de 2016). Obtenido de https://www.pinterest.es/pin/455004368582138831/

PRADO, F., & GONZÁLEZ, M. (3 de Diciembre de 2012). *scielo.conicyt.cl.* Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2012000300002

REVISTA LÍDERES. (01 de Febrero de 2015). Obtenido de http://www.revistalideres.ec/lideres/construccion-sector-clave-economia-ecuador.html

rtarquitectura.com. (12 de Diciembre de 2016). Obtenido de https://www.rtarquitectura.com/carbonatacion-en-el-hormigon-causas-y-efectos/

SÁNCHEZ DE GUZMÁN, D. (2002). *Durabilidad y Patología del Concreto.* Bogota: Asocreto.

SÁNCHEZ, M. (1 de Junio de 2017). Obtenido de Meteorologiaenred: https://www.meteorologiaenred.com/clima-polar.html

Solucionesespeciales.net. (24 de Enero de 2016). Obtenido de http://www.solucionesespeciales.net/Index/Noticias/06Noticias/375041-Porque-se-agrietan-los-pisos-de-concreto-de-hormigon.aspx

todoconstrucciones. (15 de Febrero de 2018). Obtenido de todoconstrucciones.wikispaces.com/Estribos

TOLANO, H. (06 de Febrero de 2012). *Tipos de deterioro en pavimentos de concreto.* Obtenido de https://es.slideshare.net/HeribertoTolanoReyna/tipos-de-deteriorio-en-pavimentos-de-concreto

Trujillo, N. (02 de Agosto de 2016). *Webdelprofesor*. Obtenido de http://webdelprofesor.ula.ve/nucleotrujillo/americab/08-conexionesApernadas/8-16.html

TRYTECH, C. (27 de Junio de 2016). *gemaherramientas*. Obtenido de http://www.gemaherramientas.com.ar/tipos-de-corrosion/

Vagant.com. (2018). Obtenido de http://www.bagant.com/115_concreteras/

VALDERAS, X. (10 de Junio de 2013). *Elmaestrodecasas.* Obtenido de http://elmaestrodecasas.blogspot.com/2013/06/el-encofrado-de-hormigon.html

VALDERAS, X. (10 de Junio de 2013). *elmaestrodecasas.blogspot.* Obtenido de https://elmaestrodecasas.blogspot.com/2013/06/mezclar-el-mortero.html?m=1

VALENCIA, C. (2006). *Estructuras de Acero. Introducción al diseño.* Bogota: Escuela Colombiana de Ingeniería.

VALERIO, J. (15 de Marzo de 2015). *corrosionjhosmarysvalerio.blogspot*. Obtenido de http://corrosionjhosmarysvalerio.blogspot.com/

VICTORIA, A. (04 de Mayo de 2013). *Vilssa.com.* Obtenido de http://vilssa.com/distintos-tipos-de-plasticos-usados-en-construccion

VINNAKOTA, S. (2016). *Estructuras de acero: Comportamiento y LRFD.* Automotive.

VIVAS, M. (08 de Octubre de 2013). *es.slideshare.net.* Obtenido de https://es.slideshare.net/miguelvivas2/proyecto-de-patologa-del-acero-y-concreto

ALARCON, J. (2017). *Diseño y desarrollo de un solver para relacionar variables climáticas.* Quito.

BIOBASE, B. (2017). *Artificial climate incubator: Operating Instructions.* China.

SALAMANCA, R., & GALVIS, J. (2015). *Diseño de mezclas de concreto y mortero para la ciudad de Manizales.* Bogota.

ANEXOS

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE HORMIGONES
ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE ÁRIDOS
DISEÑO DE HORMIGÓN

Orden de Trabajo No.

Masa

Granulometría completa - Material combinado		
Tamiz (plg)	Masa retenida parcial (gr)	Masa retenida parcial (gr)
Identificación Material		
3		
2 1/2		
2		
1 1/2		
1		
3/4		
1/2		
3/8		
No. 4		
Pasa No. 4		
No 8		
No. 16		
No. 30		
No. 50		
No. 100		
No. 200		
Pasa No. 100/200		

Granulometría Árido Grueso		
Tamiz (plg)	Masa retenida parcial (gr)	Masa retenida parcial (gr)
Identificación Material	Masa	20,21 Kg
3		
2 1/2		
2		
1 1/2		
1	1098	
3/4	2980	
1/2	6561	
3/8	3628	
No. 4	4092	
Pasa No. 4	2031	

Granulometría Árido Fino		
Identificación Material	Masa	1,550 Kg
1/2		
3/8		
No.4	0,1	
No 8	401	
No. 16	~~292,1~~	141,1
No. 30	247,9	
No. 50	393,6	
No. 100	~~150,1~~	
No. 200	105,3	
Pasa No. 100/200	53,2	

Gravedad específica árido fino		
Muestra No.		
Masa matraz (gr)	158,2	
Mm+H2O+Muestra (gr)	863,4	
Masa sss (gr)	500,1	
Masa seca (gr)	435,6	

Gravedad específica árido grueso		
Muestra No.		
Masa seca (gr)	5433	
Masa sss (gr)	5609	
Masa aparente (gr)	3408	

Peso unitario árido fino		
Muestra No.	Compactado	Suelto
Masa molde (gr)	5060	~~5060~~
Volumen molde (cm3)	2830	~~2830~~
Mm + M. suelto (gr)	9110	
Mm + M. compacto (gr)	9280	
	M 241 g	

Peso unitario árido grueso		
Muestra No.		
Masa molde (gr)	8546	
Volumen molde (cm3)	9320	
Mm + M. suelto (gr)	23450	
Mm + M. compacto (gr)	23806	

Contenido orgánico		
Muestra No.	1	
Valor en la escala	1	

Abrasión		
Muestra No.		
Tipo	B	
Masa inicial (gr)	5003	
Masa retenida tamiz N°12 (gr)	3330	1647 +

CONTENIDO DE HUMEDAD				
Muestra No.	FINO		GRUESO	
Masa natural (gr)	1351,1	1049,8	1498,1	1122,8
Masa seca (gr)	~~1351,1~~ 1686,8	1008,3	1493,6	1118,1

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

Ensayo	
Informe	

14,27 Kg -> 5% 713,5

Desgaste a los sulfatos en el agregado grueso

N° TAMIZ		Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4	
Pasa	Retiene	Masa de las fracciones antes del ensayo	Masa de las fracciones después del	Masa de las fracciones antes del ensayo	Masa de las fracciones después del	Masa de las fracciones antes del ensayo	Masa de las fracciones después del	Masa de las fracciones antes del ensayo	Masa de las fracciones después del
	2 1/2								
2 1/2	2"								
2"	1 1/2"								
1 1/2"	1"	1003,2	843,21						
1"	3/4"	634,1	484,1						
3/4"	1/2"	700,3	683,7						
1/2"	3/8"	356,1	323,3						
3/8"	N° 4	304,2							
N° 4									

Desgaste a los sulfatos en el agregado fino

N° TAMIZ		Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4	
Pasa	Retiene	Masa de las fracciones antes del ensayo	Masa de las fracciones después del	Masa de las fracciones antes del ensayo	Masa de las fracciones después del	Masa de las fracciones antes del ensayo	Masa de las fracciones después del	Masa de las fracciones antes del ensayo	Masa de las fracciones después del
	N°4								
N°4	N°8								
N°8	N°16	92,2	84,5						
N°16	N°30	101,4	88,1						
N°30	N°50	100,5	86,5						
N°50									

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción
ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
HOJA DE CAMPO:

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN -
Refrentado No Adherido

LMC-MPT-5.4-ARM-1-R3

ORDEN DE TRABAJO Nº:

Probeta Nº	1	2	3						
Identificación	M1	M2	M3						
Descripción									
Resistencia de diseño esperada a los 28 días MPa ☐ Kg/cm2 ☒									
Dureza del Neopreno utilizado									
Fecha de fabricación (día/mes/año)	23/11/2017	23/11/2017	23/11/2017						
Fecha de ensayo (día/mes/año)	29/11/2017	29/11/2017	29/11/2017						
Desviación de la Superficie de Carga (mm)									
Desviación al eje Transversal de la probeta(mm/100mm)									
Desviación al eje Longitudinal de la probeta(mm/100mm)									
Diámetro 1 (mm)	150,23	151,06	153,66						
Diámetro 2 (mm)	150,75	150,80	153,69						
Altura 1 (mm)	305,17	304,86	306,75						
Altura 2 (mm)	306,26	303,02	306,11						
Altura 3 (mm)	308,72	302,41	306,70						
Masa (Kg)	~~11,900 Kg~~ 11,93 Kg	12,044	11,96						
Hora de ensayo (hh:mm)	14h00	14h00	14h00						
Carga máxima (KN)	370	438	335						
Tipo de falla	5	5	5						

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

PREPARA									
ENSAYA									
INFORMA									

FIRMAS RESPONSABLES DE FISCALIZACIÓN DE ENSAYOS		
FECHA	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA

OBSERVACIONES

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES

HOJA DE CAMPO:

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN -

Refrentado No Adherido

LMC-MPT-5.4-ARM-1-R3

ORDEN DE TRABAJO Nº:

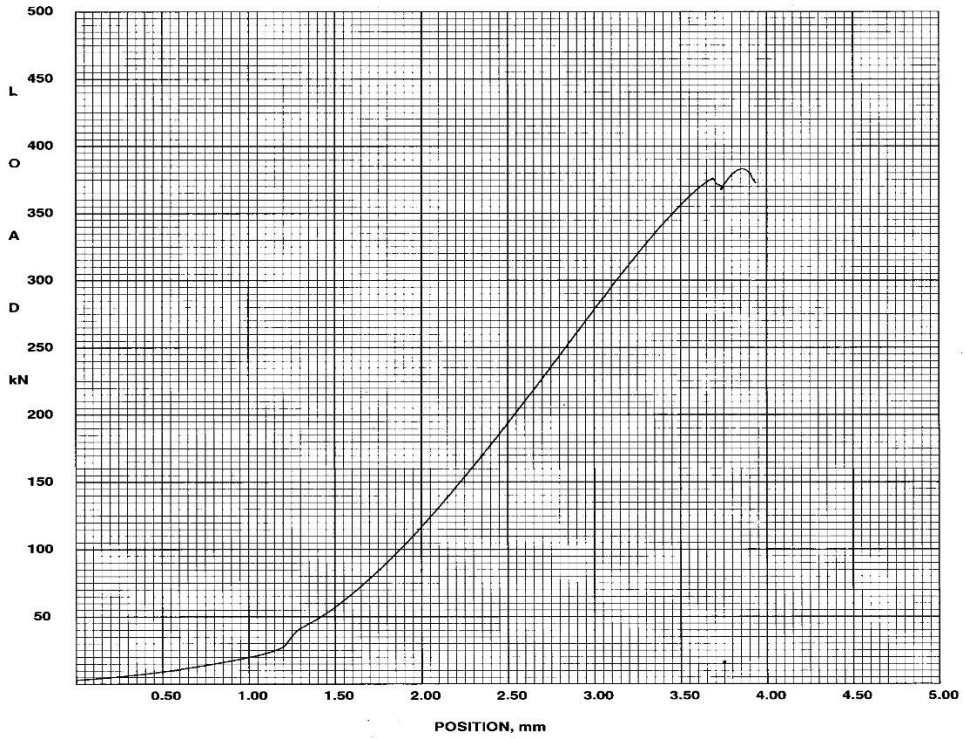
Probeta Nº									
Identificación	N1	N2	N3						
Descripción	1	2	3						
Resistencia de diseño esperada a los 28 días MPa ☒ Kg/cm2 ☐									
Dureza del Neopreno utihizado									
Fecha de fabricación (día/mes/año)	09/04/2018	09/04/2018	09/04/2018						
Fecha de ensayo (día/mes/año)	09/05/2018	09/05/2018	09/05/2018						
Desviacion de la Superficie de Carga (mm)									
Desviación al eje Transversal de la probeta(mm/100mm)									
Desviación al eje Longitudinal de la probeta(mm/100mm)									
Diametro 1 (mm)	151,89	152,59	152,88						
Diametro 2 (mm)	152,41	153,64	152,99						
Altura 1 (mm)	306,44	306,09	306,16						
Altura 2 (mm)	306,48	305,75	308,10						
Altura 3 (mm)	305,10	305,80	309,31						
Masa (Kg)	12,20	12,33	12,53						
Hora de ensayo (hh:mm)	09:00	09:00	09:00						
Carga maxima (KN)	373,3	382,9	376,1						
Tipo de falla	4	5	5						

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

PREPARA									
ENSAYA									
INFORME									

FIRMAS RESPONSABLES DE FISCALIZACIÓN DE ENSAYOS		
FECHA	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA

OBSERVACIONES



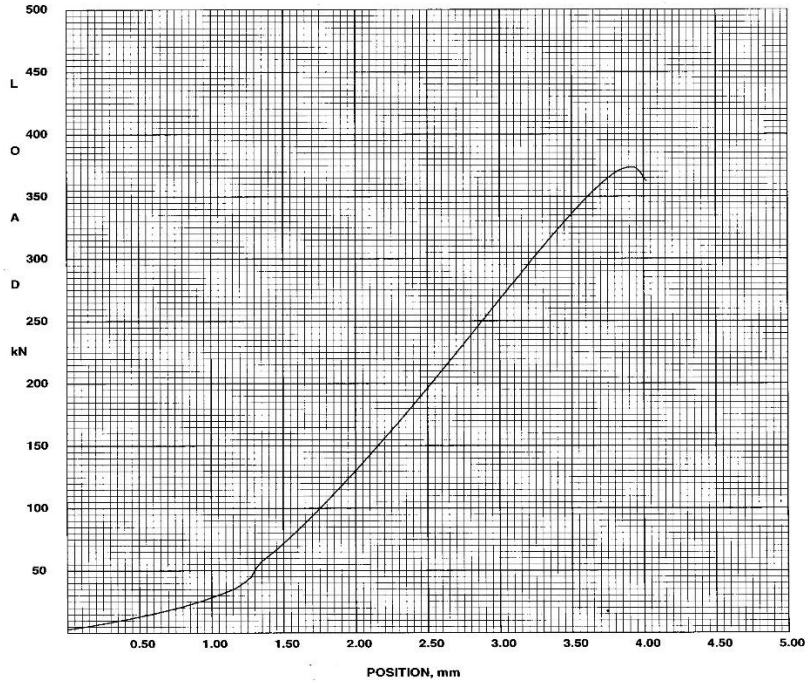
Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	2
Fecha del Ensayo	05/09/2018
Operador	
Orden de Trabajo #	TESIS

Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	382.9
Esfuerzo Ultimo, MPa:	20.8
ID Muestra:	2
Muestra #:	2

May 9, 2018 9:20:51 AM
SN: 206486 V7.02.11



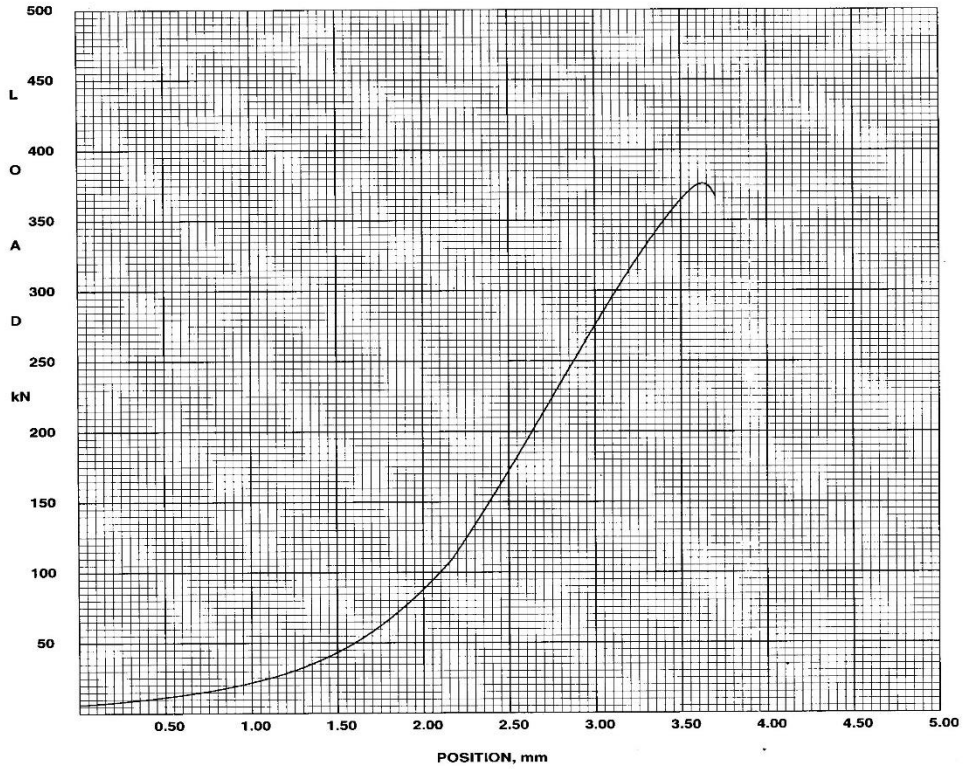
Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	1
Fecha del Ensayo	05/09/2018
Operador	
Orden de Trabajo #	TESIS

Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	373.3
Esfuerzo Ultimo, MPa:	20.5
ID Muestra:	1
Muestra #:	1

May 9, 2018 9:20:54 AM
SN: 206486 V7.02.11



Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	3
Fecha del Ensayo	05/09/2018
Operador	
Orden de Trabajo #	TESIS

Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	376.1
Esfuerzo Ultimo, MPa:	20.5
ID Muestra:	3
Muestra #:	3

May 9, 2018 9:20:49 AM
SN: 206486 V7.02.11

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

PUCE

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES

DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS

N° de Orden

MUESTRA N°	1	2	3						
Descripción									
Fecha de fabricación	23/10/2012	23/10/2012	23/10/2012						
Fecha de ensayo	29/11/2012	29/11/2012	29/11/2012						
Edad (días)	28	28	28						
Largo(mm)	51,70	52,83	50,36						
Ancho(mm)	49,99	58,10	51,51						
Altura (mm)	51,38	51,57	52,06						
Masa (gr)	293	290	290						
Carga de ruptura (N)	69.804	65187	53784						

Laboratorista

Informe

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
FLEXIÓN DE MADERA

N° DE ORDEN											
Muestra N°											
Identificación											
Fecha de Ensayo											
Ancho (mm)	50,07										
Espesor (mm)	43,88										
Masa (gr)	1,48Kg										
Longitud entre apoyos(mm)	700m										
Carga máxima (N)	11456										

ENSAYADO POR: _____ **INFORME POR:** _____

CQ

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Maderas - Compresión paralela

N° DE ORDEN												
Muestra No.												
Identificación	1	2	3									
Largo (mm)	200,57	200,99	200,07									
Ancho (mm)	50,66	49,67	50,21									
Espesor (mm)	48,86	50,56	50,06									
Carga máxima (N)	113502	129859	95153									
Masa natural (gr)	418,93	417,43	406,46									
Masa seca (gr)												
Tipo de Falla												

Observaciones

Laboratorista

Informe

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
MADERAS

DENSIDAD EN MADERAS

N° de orden

Muestra N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso natural de la muestra										
Peso del mercurio desplazado con muestra natural										
Peso de la muestra seca										
Peso del mercurio desplazado con muestra seca										
Peso de la muestra húmeda										
Peso del mercurio desplazado con la muestra húmeda										

Laboratorista

Informe

HUMEDAD EN MADERAS

N° de orden

Muestra N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso natural de la muestra	1,34	1,39	1,422	1,42	1,38	1,34	1,36	1,37	1,46	1,28
Peso seco de la muestra	1,30	1,8	1,7	1,3	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1

Laboratorista

Informe



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Maderas - Compresión perpendicular

N° DE ORDEN											
N° de muestra											
Descripción	1	2	3								
Largo (mm)	150,97	149,50	149,54								
Ancho (mm)	48,23	50,02	50,00								
Espesor (mm)	48,71	48,58	48,69								
Masa (g)	286,01	296,85	~~366,34~~								
Carga registrada 2,5mm (N)	48126	53217	54896								

Observaciones: _____

ENSAYADO POR: _____ **INFORME POR:** _____

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción
ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
HOJA DE CAMPO:

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN -
Refrentado No Adherido

LMC-MPT-5.4-ARM-1-R3

ORDEN DE TRABAJO N°:

Probeta N°									
Identificación	Hc1	Hc3	Hc2						
Descripción									
Resistencia de diseño esperada a los 28 días MPa ☐ Kg/cm2 ☐									
Dureza del Neopreno utilizado									
Fecha de fabricación (día/mes/año)									
Fecha de ensayo (día/mes/año)	04/01/2018	04/01/2018	04/01/2018						
Desviación de la Superficie de Carga (mm)									
Desviación al eje Transversal de la probeta(mm/100mm)									
Desviación al eje Longitudinal de la probeta(mm/100mm)									
Diámetro 1 (mm)	152,06	151,42	150,97						
Diámetro 2 (mm)	152,14	152,37	152,32						
Altura 1 (mm)	305,87	302,82	299,82						
Altura 2 (mm)	306,12	304,66	298,39						
Altura 3 (mm)	304,70	305,66	298,94						
Masa (Kg)	11,81	11,80	11,79						
Hora de ensayo (hh:mm)	11:12	11:12	11:12						
Carga máxima (KN)	1124	~~3577~~	394,2						
Tipo de falla	4	3&6 5	5						

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

PREPARA									
ENSAYA									
INFORME									

FIRMAS RESPONSABLES DE FISCALIZACIÓN DE ENSAYOS

FECHA	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA

OBSERVACIONES

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES

HOJA DE CAMPO:

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN -

Superficies de Carga Pulidas o Sin Refrentar

LMC-MPT-5.4-ARM-1-R1

ORDEN DE TRABAJO N°:

Probeta N°									
Identificación	H1	H2	H3						
Descripción									
Resistencia de diseño esperada a los 28 días MPa ☐ Kg/cm2 ☒									
Fecha de fabricación (día/mes/año)	09/04/2018	09/04/18	09/04/18						
Fecha de ensayo (día/mes/año)	08/05/18	08/05/18	08/05/18						
Desviación de la Superficie de Carga (mm)									
Desviación al eje Transversal de la probeta(mm/100mm)									
Desviación al eje Longitudinal de la probeta(mm/100mm)									
Diámetro 1 (mm)	153,65	150,13	153,92						
Diámetro 2 (mm)	153,02	150,09	153,68						
Altura 1 (mm)	305,41	300,71	309,33						
Altura 2 (mm)	306,77	298,70	309,12						
Altura 3 (mm)	302,12	292,96	309,98						
Masa (Kg)	12,18	11,33	12,58						
Hora de ensayo (hh:mm)	09:00	09:00	09:00						
Carga máxima (KN)	538,4	495,2	580,7						
Tipo de falla	4	4	4						

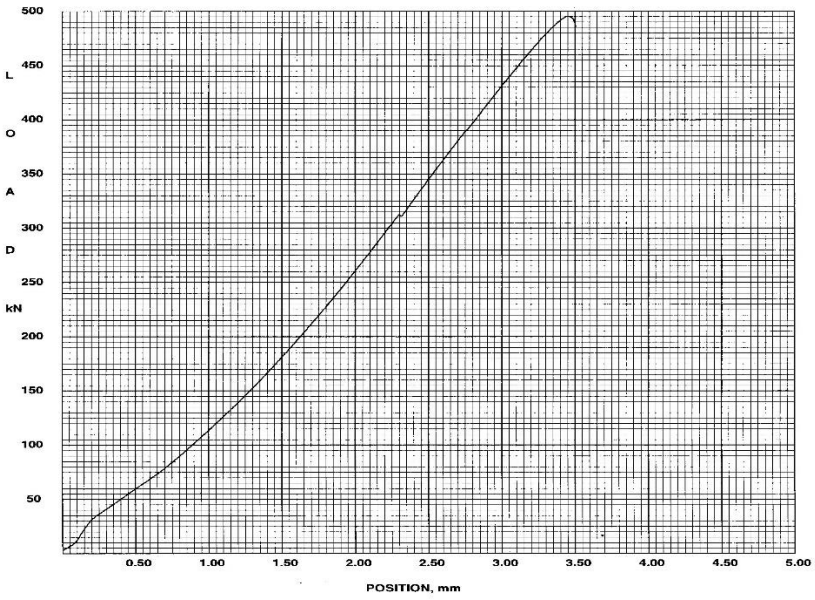
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

PREPARA								
ENSAYA								
INFORME								

FIRMAS RESPONSABLES DE FISCALIZACIÓN DE ENSAYOS

FECHA	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA

OBSERVACIONES



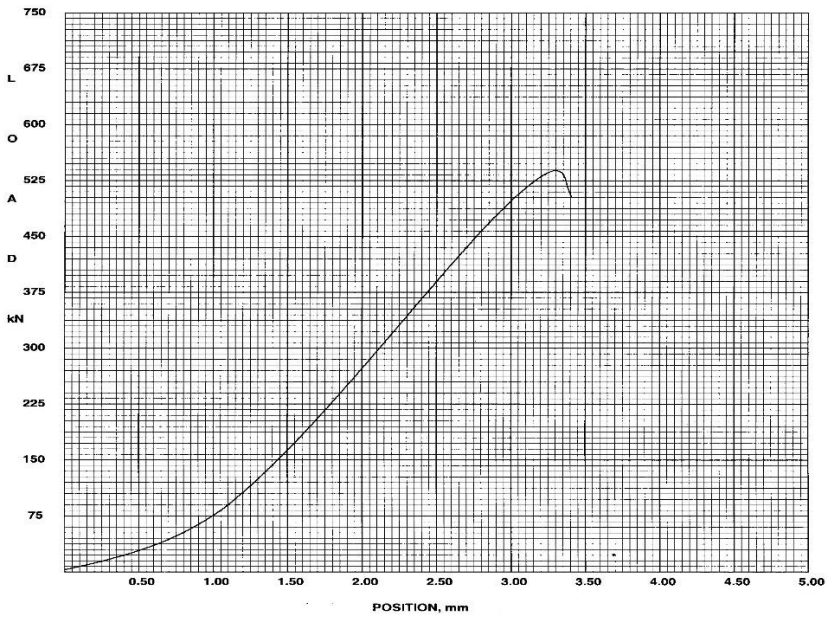
Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	2
Fecha del Ensayo	05/28/2018
Operador	FC
Orden de Trabajo #	TESIS

Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	495.2
Esfuerzo Ultimo, MPa:	28
ID Muestra:	2
Muestra #:	2

May 28, 2018 9:17:54 AM
SN: 206486 V7.02.11



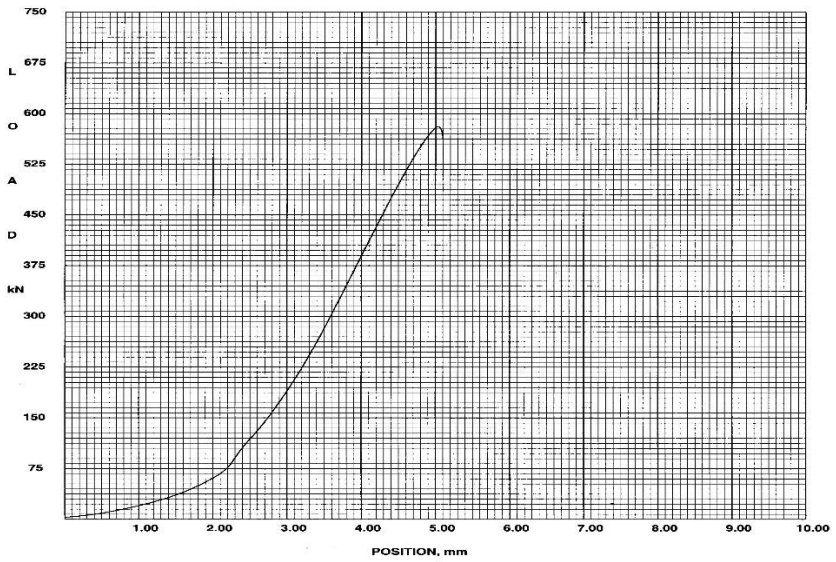
Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	1
Fecha del Ensayo	05/28/2018
Operador	FC
Orden de Trabajo #	TESIS

Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	538.4
Esfuerzo Ultimo, MPa:	29.2
ID Muestra:	1
Muestra #:	1

May 28, 2018 9:17:56 AM
SN: 206486 V7.02.11



Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	3
Fecha del Ensayo	05/28/2018
Operador	FC
Orden de Trabajo #	TESIS

Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	580.7
Esfuerzo Ultimo, MPa:	31.4
ID Muestra:	3
Muestra #:	3

May 28, 2018 9:17:52 AM
SN: 208486 V7.02.11

Comp Perpendicular

Mcp1 = 293,57	275, 54	290, 34
Largo = 153,38	148, 15	149, 34
Ancho = 49,51	48, 58	119, 63
Alto = 49,42	48, 72	49,76

Carga a 3mm de desp

42672	58521	54112

Comp paral

Mcpe1 =	Mcpe2	Mcpe3
M 382,29	402,76 ~~296,56~~	393,96
L 198,21	199,8 ~~148,15~~	201,97
Anch 48,63	48,47	49,18
Alto 49,40	48,45	49,49
P 146 893, N	127021	139031

Flexión

L = 75cm

b = 49,70

h = 50,12

'3998 KN

09595729O3 feuce_q Feuce-C

Nombres

1 ~~86~~ 86658

2 86963

C2

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
MADERAS

DENSIDAD EN MADERAS

N° de orden

Muestra N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso natural de la muestra										
Peso del mercurio desplazado con muestra natural										
Peso de la muestra seca										
Peso del mercurio desplazado con muestra seca										
Peso de la muestra húmeda										
Peso del mercurio desplazado con la muestra húmeda										

Laboratorista Informe

HUMEDAD EN MADERAS

N° de orden

Muestra N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso natural de la muestra	1,33g	1,39g	1,31g	1,32	1,43g	1,30	1,31	1,35	1,38g	
Peso seco de la muestra	1,3	1,2g	1,29	1,2	1,29	1,1	1,1	1,2	1,30	

Laboratorista Informe



C3

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción
ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
HOJA DE CAMPO:

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN -
Refrentado No Adherido

LMC-MPT-5.4-ARM-1-R3

ORDEN DE TRABAJO Nº:

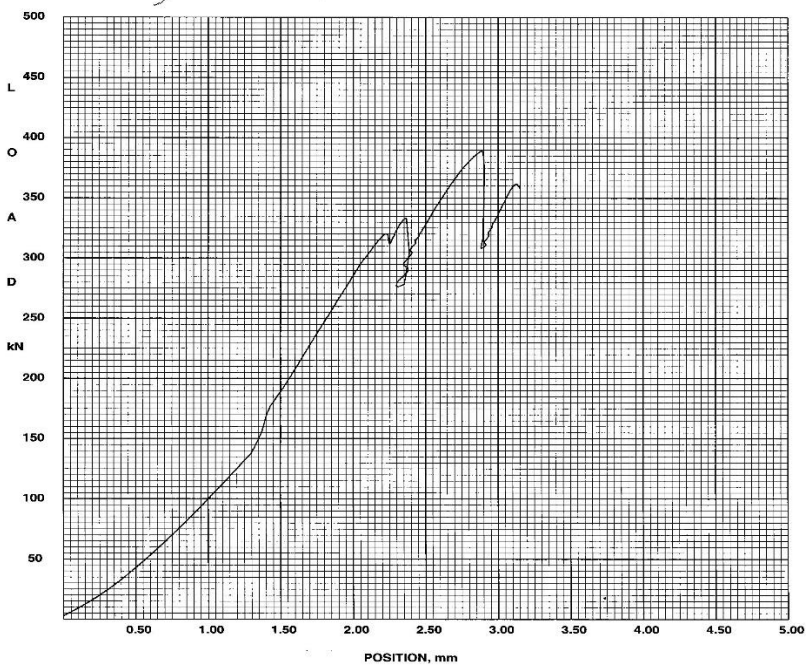
Probeta Nº									
Identificación									
Descripción									
Resistencia de diseño esperada a los 28 días MPa ☐ Kg/cm2 ☒									
Dureza del Neopreno utilizado									
Fecha de fabricación (día/mes/año)									
Fecha de ensayo (día/mes/año)									
Desviación de la Superficie de Carga (mm)									
Desviación al eje Transversal de la probeta(mm/100mm)									
Desviación al eje Longitudinal de la probeta(mm/100mm)									
Diámetro 1 (mm)	152,40	153,11	153,29						
Diámetro 2 (mm)	151,94	152,98	154,54						
Altura 1 (mm)	303,53	303,34	306,85						
Altura 2 (mm)	301,83	303,20	302,88						
Altura 3 (mm)	300,69	303,19	304,20						
Masa (Kg)	11,296	11,624	11,80						
Hora de ensayo (hh:mm)									
Carga máxima (KN)	321,8	388,2	455,3						
Tipo de falla	6	5	1						

HIRMAS DE RESPONSABILIDAD

PREPARA									
ENSAYA									
INFORME									

FIRMAS RESPONSABLES DE FISCALIZACIÓN DE ENSAYOS		
FECHA	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA

OBSERVACIONES



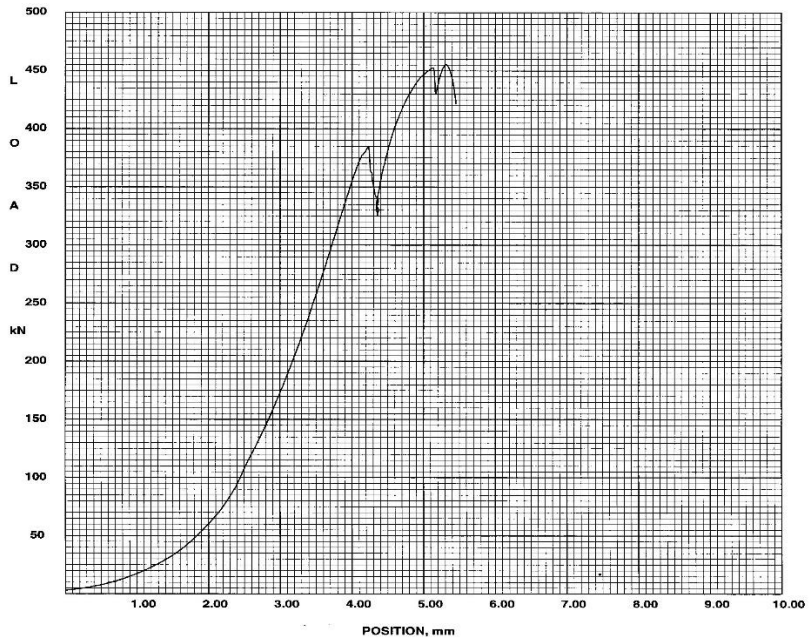
Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	2
Fecha del Ensayo	01/25/2018
Operador	FC
Orden de Trabajo #	TESIS

Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	388.8
Esfuerzo Ultimo, MPa:	21.1
ID Muestra:	2
Muestra #:	2

Jan 25, 2018 4:04:28 PM
SN: 206486 V7.02.11



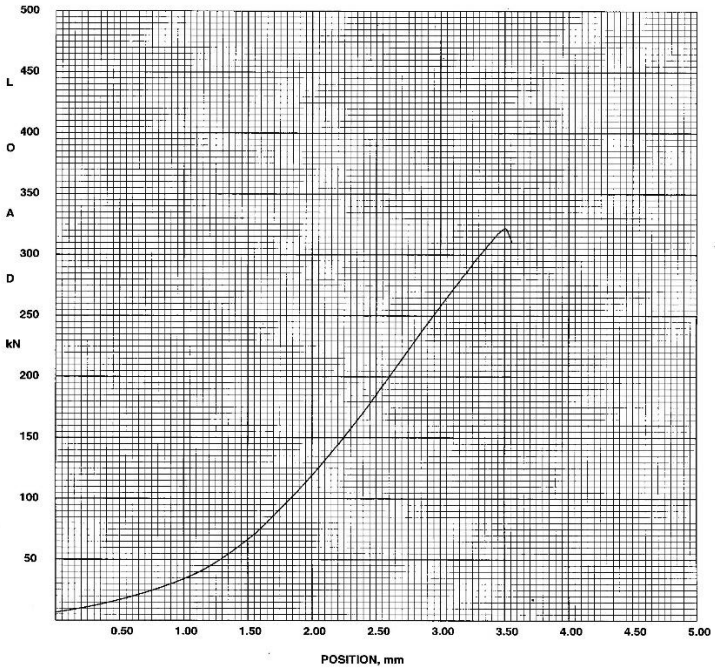
Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	3
Fecha del Ensayo	01/25/2018
Operador	FC
Orden de Trabajo #	TESIS

Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	455.3
Esfuerzo Ultimo, MPa:	24.5
ID Muestra:	3
Muestra #:	3

Jan 25, 2018 4:04:25 PM
SN: 206486 V7.02.11



Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	1
Fecha del Ensayo	01/25/2018
Operador	FC
Orden de Trabajo #	TESIS

Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	321.8
Esfuerzo Ultimo, MPa:	17.93
ID Muestra:	1
Muestra #:	1

Jan 25, 2018 4:04:31 PM
SN: 206486 V7.02.11

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción
ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
HOJA DE CAMPO:

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN -
Refrentado No Adherido

LMC-MPT-5.4-ARM-1-R3

ORDEN DE TRABAJO N°:

Probeta N°									
Identificación	H1	H2	H3						
Descripción	1	2	3						
Resistencia de diseño esperada a los 28 días MPa ☐ Kg/cm2 ☒	210	=	=						
Dureza del Neopreno utilizado									
Fecha de fabricación (día/mes/año)	29/04/2018	09/04/2018	09/04/2018						
Fecha de ensayo (día/mes/año)	18/06/2018	18/06/2018	18/06/2018						
Desviación de la Superficie de Carga (mm)									
Desviación al eje Transversal de la probeta(mm/100mm)									
Desviación al eje Longitudinal de la probeta(mm/100mm)									
Diámetro 1 (mm)	151,85	153,52	152,22						
Diámetro 2 (mm)	152,27	152,24	152,55						
Altura 1 (mm)	307,1	304,60	307,06						
Altura 2 (mm)	306,63	304,08	308,20						
Altura 3 (mm)	307,06	305,12	304,22						
Masa (Kg)	11,73	11,80	11,57						
Hora de ensayo (hh:mm)	09h06	09h00	09h00						
Carga máxima (KN)	666.1	649.5	612,4						
Tipo de falla	5	4	4						

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

PREPARA									
ENSAYA									
INFORME									

FIRMAS RESPONSABLES DE FISCALIZACIÓN DE ENSAYOS		
FECHA	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA

OBSERVACIONES

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
MADERAS

DENSIDAD EN MADERAS

N° de orden

Muestra N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso natural de la muestra										
Peso del mercurio desplazado con muestra natural										
Peso de la muestra seca										
Peso del mercurio desplazado con muestra seca										
Peso de la /nuestra húmeda										
Peso del mercurio desplazado con la muestra húmeda										

Laboratorista Informe

HUMEDAD EN MADERAS

N° de orden

Muestra N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso natural de la muestra	1,32	1,30	1,25	1,21	1,26	1,23	1,20	1,29		
Peso seco de la muestra	1,26	1,20	1,20	1,10	1,18	1,20	1,1	1,2		

Laboratorista Informe

C3

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
FLEXIÓN DE MADERA

N° DE ORDEN											
Muestra N°											
Identificación											
Fecha de Ensayo	25/01/2018										
Ancho (mm)	99,77										
Espesor (mm)	51,43										
Masa (gr)	1382,81										
Longitud entre apoyos(mm)	70										
Carga máxima (N)	7584										

ENSAYADO POR: _____ **INFORME POR:** _____

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Maderas - Compresión paralela

Nº DE ORDEN												
Muestra No.	1	2	3									
Identificación	PA1	PA 2	PA 3									
Largo (mm)	200,04	199,91	201,31									
Ancho (mm)	49,65	49,56	48,62									
Espesor (mm)	49,32	49,77	48,78									
Carga máxima (N)	129867	138667	127231									
Masa natural (gr)	393,06	386,36	385,13									
Masa seca (gr)												
Tipo de Falla												

Observaciones

Laboratorista

Informe

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Maderas - Compresión perpendicular

Nº DE ORDEN											
Nº de muestra	1	2	3								
Descripción	PE3	PE2	PE3								
Largo (mm)	~~150,24~~ 150,52	151,03	150,01								
Ancho (mm)	49,19	49,13	48,05								
Espesor (mm)	49,55	48,88	49,82								
Masa (g)	186,02	283,91	235,05								
Carga registrada 2,5mm (N)	38172	67816	48402								

Observaciones: _____

ENSAYADO POR: _____ **INFORME POR:** _____

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

~~ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES~~ Nortevos

Maderas - Compresión paralela

N° DE ORDEN												
Muestra No.												
Identificación												
Largo (mm)	50,38	49,93										
Ancho (mm)	50,18	32,06										
Espesor (mm)	50,68	51,86										
Carga máxima (N)	~~[illegible]~~ 53,54	39883										
Masa natural (gr)	253,54	262,72										
Masa seca (gr)												
Tipo de Falla												

Observaciones

Laboratorista

Informe

CH

SIN CORREGIR

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción
ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
HOJA DE CAMPO:

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN -
Refrentado No Adherido

LMC-MPT-5.4-ARM-1-R3

ORDEN DE TRABAJO Nº:

Probeta Nº									
Identificación		2	3						
Descripción									
Resistencia de diseño esperada a los 28 días MPa ☐ Kg/cm2 ☐									
Dureza del Neopreno utilizado									
Fecha de fabricación (día/mes/año)									
Fecha de ensayo (día/mes/año)									
Desviación de la Superficie de Carga (mm)									
Desviación al eje Transversal de la probeta(mm/100mm)									
Desviación al eje Longitudinal de la probeta(mm/100mm)									
Diámetro 1 (mm)									
Diámetro 2 (mm)									
Altura 1 (mm)									
Altura 2 (mm)									
Altura 3 (mm)									
Masa (Kg)									
Hora de ensayo (hh:mm)									
Carga máxima (KN)	293,6	299,9	219,9						
Tipo de falla	3	3	4						

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

PREPARA									
ENSAYA									
INFORME									

FIRMAS RESPONSABLES DE FISCALIZACIÓN DE ENSAYOS		
FECHA	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA

OBSERVACIONES

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción
ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Corregido

HOJA DE CAMPO:

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN -
Refrentado No Adherido

LMC-MPT-5.4-ARM-1-R3

ORDEN DE TRABAJO Nº:									
Probeta Nº									
Identificación									
Descripción	1	2	3						
Resistencia de diseño esperada a los 28 días MPa ☐ Kg/cm2 ☒									
Dureza del Neopreno utilizado									
Fecha de fabricación (día/mes/año)									
Fecha de ensayo (día/mes/año)	06/07/2018	06/07/2018	06/07/2018						
Desviación de la Superficie de Carga (mm)									
Desviación al eje Transversal de la probeta(mm/100mm)	3	0	1						
Desviación al eje Longitudinal de la probeta(mm/100mm)									
Diámetro 1 (mm)	151,12	150,66	153,73						
Diámetro 2 (mm)	150,81	150,84	153,03						
Altura 1 (mm)	309,09	301,66	304,73						
Altura 2 (mm)	306,58	301,15	306,45						
Altura 3 (mm)	310,48	301,50	306,03						
Masa (Kg)	12,03	11,32	12,43						
Hora de ensayo (hh:mm)	09h00	09h00	09h00						
Carga máxima (KN) 666,7	~~126,39~~	163,4,2	628,4						
Tipo de falla	~~6~~	2	5						
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD									
PREPARA									
ENSAYA									
INFORME									

FIRMAS RESPONSABLES DE FISCALIZACIÓN DE ENSAYOS		
FECHA	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA

OBSERVACIONES

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcciones
ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
HOJA DE CAMPO:

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN -
Refrentado No Adherido

LMC-MPT-5.4-ARM-1-R3

ORDEN DE TRABAJO N°: # SIMPLE

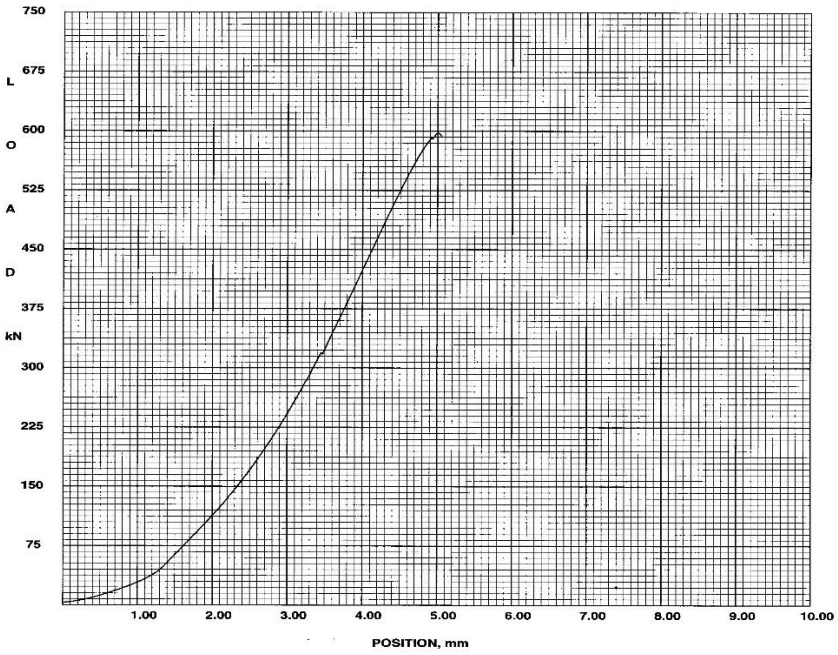
Probeta N°									
Identificación									
Descripción	1	2	3						
Resistencia de diseño esperada a los 28 días MPa ☐ Kg/cm2 ☒									
Dureza del Neopreno utilizado									
Fecha de fabricación (día/mes/año)									
Fecha de ensayo (día/mes/año)	06/02/2018	06/02/2018	06/02/2018						
Desviación de la Superficie de Carga (mm)									
Desviación al eje Transversal de la probeta(mm/100mm)									
Desviación al eje Longitudinal de la probeta(mm/100mm)									
Diámetro 1 (mm)	149,88	152,85	151,65						
Diámetro 2 (mm)	149,55	152,73	151,70						
Altura 1 (mm)	303,48	303,61	305,86						
Altura 2 (mm)	302,32	304,22	303,69						
Altura 3 (mm)	300,27	305,23	311,93						
Masa (Kg)	12,21	11,65	11,67						
Hora de ensayo (hh:mm)	538,2	539	537,7						
Carga máxima (KN)	09h06	09h00	09h00						
Tipo de falla	2	5	5						

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

PREPARA									
ENSAYA									
INFORME									

FIRMAS RESPONSABLES DE FISCALIZACIÓN DE ENSAYOS		
FECHA	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA

OBSERVACIONES



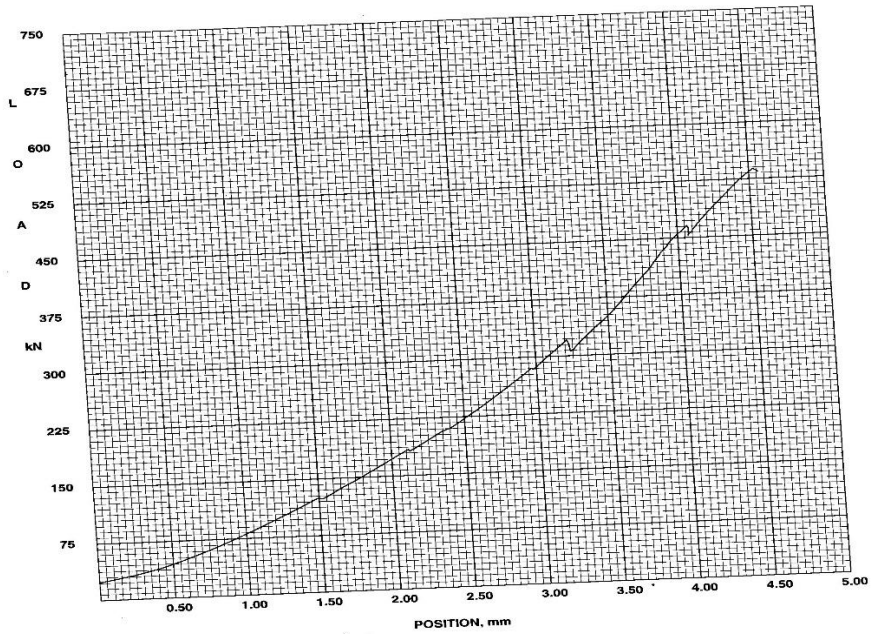
Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	3S
Fecha del Ensayo	07/05/2018
Operador	
Orden de Trabajo #	TESIS

Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	597.7
Esfuerzo Ultimo, MPa:	32.7
ID Muestra:	3S
Muestra #:	3S

Jul 5, 2018 10:11:45 AM
SN: 206486 V7.02.11



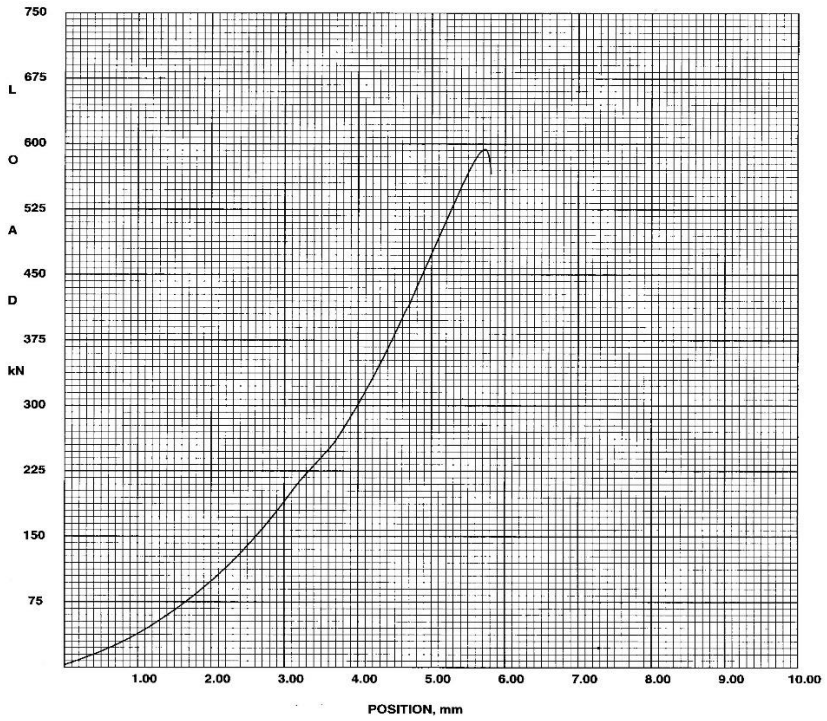
Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	1 S
Fecha del Ensayo	07/05/2018
Operador	
Orden de Trabajo #	TESIS

Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	538.2
Esfuerzo Ultimo, MPa:	30.6
ID Muestra:	1 S
Muestra #:	1 S

Jul 5, 2018 10:11:51 AM
SN: 206486 V7.02.11



Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	2 S
Fecha del Ensayo	07/05/2018
Operador	
Orden de Trabajo #	TESIS

Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	594
Esfuerzo Ultimo, MPa:	32.5
ID Muestra:	2 S
Muestra #:	2 S

Jul 5, 2018 10:11:48 AM
SN: 206486 V7.02.11

CU

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Maderas ~~- Compresión perpendicular~~

Mortero

2 1

Nº DE ORDEN		1									
Nº de muestra	2	1									
Descripción	M1	M2									
Largo (mm)	50,66	51,20									
Ancho (mm)	50,52	50,34									
Espesor (mm)	51,33	51,01									
Masa (g)	259,90	266,09									
Carga registrada 2,5mm (N)	9564	9280									

Observaciones: _____

ENSAYADO POR: _____ **INFORME POR:** _____

CL4

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
FLEXIÓN DE MADERA

N° DE ORDEN												
Muestra N°	Fc3											
Identificación	Fc3											
Fecha de Ensayo												
Ancho (mm)	89,27											
Espesor (mm)	43,63											
Masa (gr)	1430,16											
Longitud entre apoyos(mm)	700											
Carga máxima (N)	12135											

ENSAYADO POR: _____ **INFORME POR:** _____

C24

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Maderas - Compresión paralela

Humedad

N° DE ORDEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Muestra No.												
Identificación												
Largo (mm)												
Ancho (mm)												
Espesor (mm)												
Carga máxima (N)												
Masa natural (gr)	1,35	1,26	1,22	1,23	1,38	1,34	1,33	1,34	1,26	1,32		
Masa seca (gr)	1,22	1,18	1,12	1,14	1,23	1,23	1,22	1,25	1,16	1,23		
Tipo de Falla												

Observaciones

Laboratorista

Informe

C4

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
Maderas - Compresión perpendicular

Nº DE ORDEN											
Nº de muestra	1	2	3								
Descripción	PEC3 1	PEC3 2	PEC3 3								
Largo (mm)	149,32	149,93	149,32								
Ancho (mm)	48,59	49,95	43,32								
Espesor (mm)	49,46	48,98	49,18								
Masa (g)	220,09	223,18	224,72								
Carga registrada 2,5mm (N)	2039	2328	32821,3								

Observaciones: _____

ENSAYADO POR: _____ **INFORME POR:** _____

C2A

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Maderas - Compresión paralela

N° DE ORDEN												
Muestra No.	1	2	3									
Identificación	PAC3 1	PAC3 2	PAC3 3									
Largo (mm)	48,14	200,98	200,45									
Ancho (mm)	43,39	43,58	43,69									
Espesor (mm)	201,01	43,12	43,39									
Carga máxima (N)	134636	113606	120280									
Masa natural (gr)	394,36	385,13	401,98									
Masa seca (gr)	134,69											
Tipo de Falla												

Observaciones

Laboratorista

Informe

C5

SIN CORREGIR

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción
ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
HOJA DE CAMPO:

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN - Refrentado No Adherido

LMC-MPT-5.4-ARM-1-R3

ORDEN DE TRABAJO Nº:

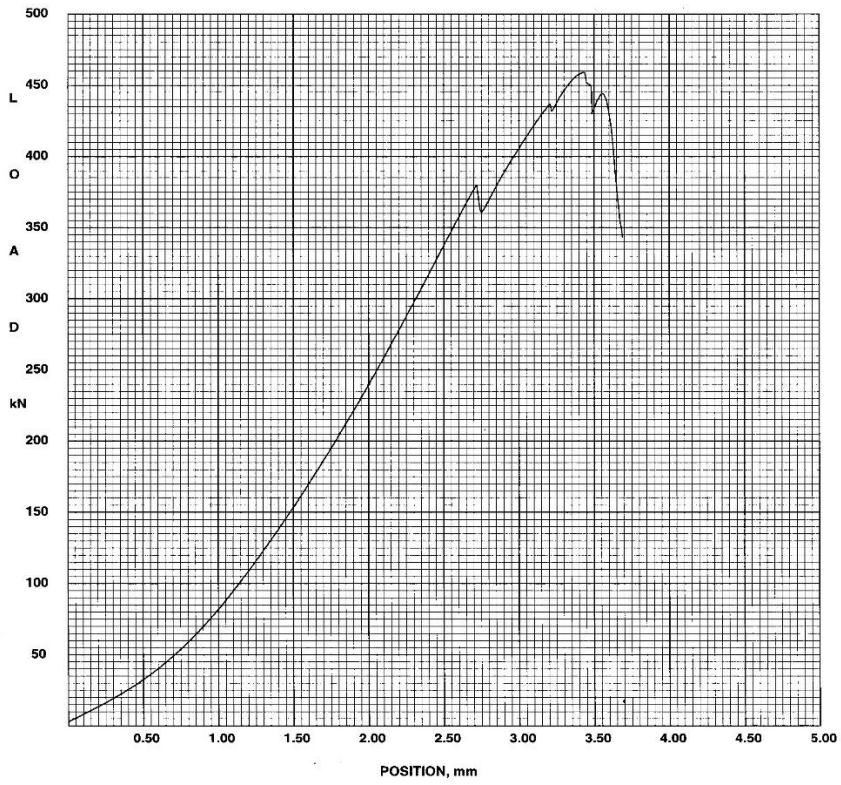
Probeta Nº									
Identificación	M_1	M_2	M_3						
Descripción	1	2	3						
Resistencia de diseño esperada a los 28 días MPa ☐ Kg/cm2 ☑									
Dureza del Neopreno utilizado									
Fecha de fabricación (día/mes/año)									
Fecha de ensayo (día/mes/año)	22/03/2018	22/03/2018	22/03/2018						
Desviación de la Superficie de Carga (mm)									
Desviación al eje Transversal de la probeta(mm/200mm)									
Desviación al eje Longitudinal de la probeta(mm/200mm)									
Diámetro 1 (mm)	151,42	151,83	151,53						
Diámetro 2 (mm)	152,15	151,70	152,23						
Altura 1 (mm)	299,48	301,50	303,05						
Altura 2 (mm)	299,64	302,18	308,13						
Altura 3 (mm)	298,08	301,63	306,11						
Masa (Kg)	11,34	11,86	11,67						
Hora de ensayo (hh:mm)	14h00	14h06	14h00						
Carga máxima (KN)	275,5	459,1	401,2						
Tipo de falla	5	6	2						

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

PREPARA									
ENSAYA									
INFORME									

FIRMAS RESPONSABLES DE FISCALIZACIÓN DE ENSAYOS		
FECHA	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA

OBSERVACIONES



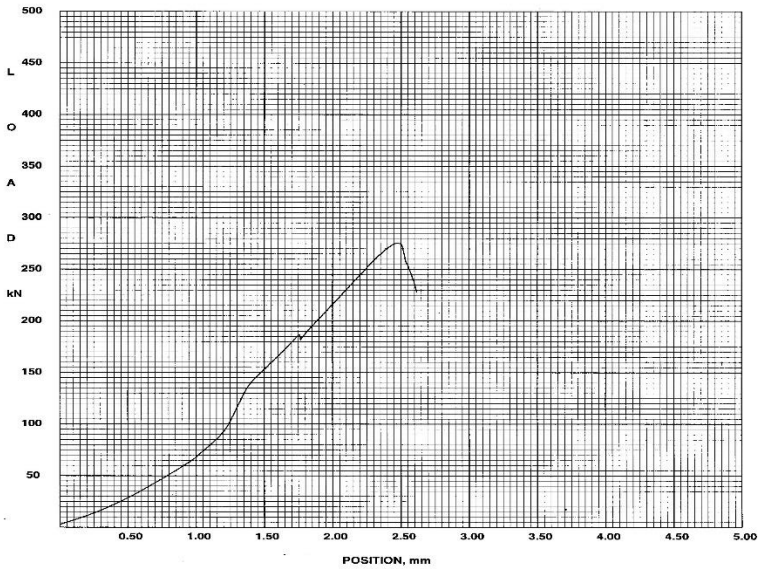
Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	2
Fecha del Ensayo	02/22/2018
Operador	FR
Orden de Trabajo #	TESIS

Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	459.1
Esfuerzo Ultimo, MPa:	25.4
ID Muestra:	2
Muestra #:	2

Feb 22, 2018 3:29:14 PM
SN: 206486 V7.02.11



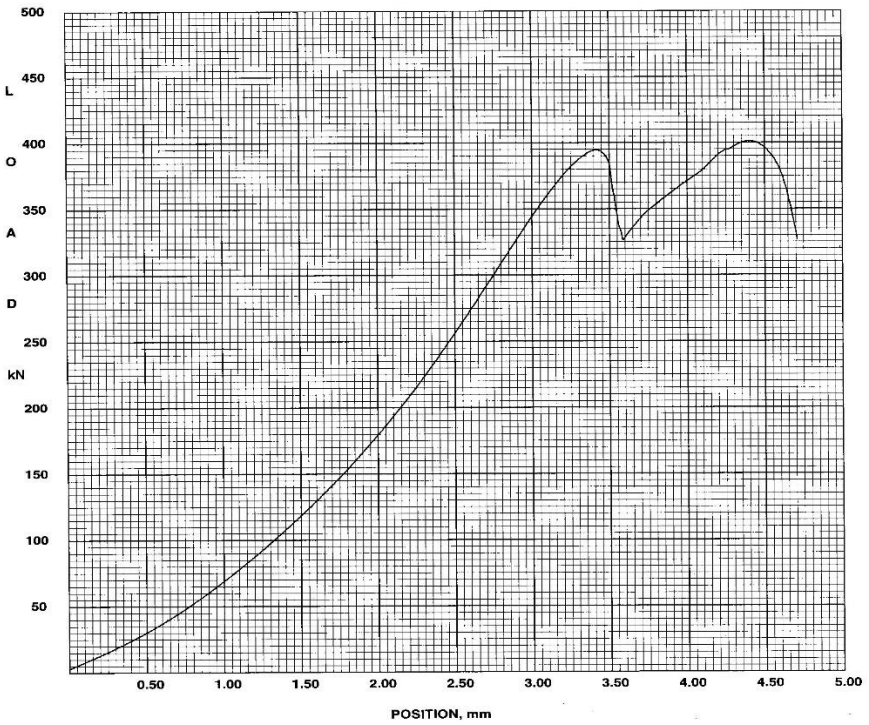
Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	1
Fecha del Ensayo	02/22/2018
Operador	FR
Orden de Trabajo #	TESIS

Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	275.5
Esfuerzo Ultimo, MPa:	15.22
ID Muestra:	1
Muestra #:	1

Feb 22, 2018 3:29:18 PM
SN: 206486 V7.02.11



Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	3
Fecha del Ensayo	02/22/2018
Operador	FR
Orden de Trabajo #	TESIS

Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	401.2
Esfuerzo Ultimo, MPa:	22.1
ID Muestra:	3
Muestra #:	3

Feb 22, 2018 3:29:12 PM
SN: 206486 V7.02.11

C 5

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción
ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
HOJA DE CAMPO:

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN -
Refrentado No Adherido

FINAL H. 5 TAPAS

LMC-MPT-5.4-ARM-1-R3

ORDEN DE TRABAJO Nº:									
Probeta Nº									
Identificación									
Descripción	M3	M2	M3						
Resistencia de diseño esperada a los 28 días MPa ☐ Kg/cm2 ☒									
Dureza del Neopreno utilizado									
Fecha de fabricación (día/mes/año)	20/6								
Fecha de ensayo (día/mes/año)	20/07/2018	27/07/2018	27/07/2018						
Desviación de la Superficie de Carga (mm)									
Desviación al eje Transversal de la probeta(mm/100mm)									
Desviación al eje Longitudinal de la probeta(mm/100mm)									
Diámetro 1 (mm)	149,42	147,96	149,21						
Diámetro 2 (mm)	149,44	146,55	150,13						
Altura 1 (mm)	304,47	298,46	304,78						
Altura 2 (mm)	305,37	299,60	304,87						
Altura 3 (mm)	304,13	303,21	305,03						
Masa (Kg)	11,65	11,20	11,38						
Hora de ensayo (hh:mm)	08h00	08h00	08h00						
Carga máxima (KN)	663,4	541,7	658,2						
Tipo de falla	4	4	5						

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

PREPARA									
ENSAYA									
INFORME									

FIRMAS RESPONSABLES DE FISCALIZACIÓN DE ENSAYOS

FECHA	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA

OBSERVACIONES

C 5

corregido

Universidad Tecnológica Nacional
Laboratorio de Materiales y Estructuras
ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
HOJA DE CAMPO:

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN -
Refrentado No Adherido

LMC-MPT-5.4-ARM-1-R3

ORDEN DE TRABAJO N°: _____ FTDA2 H. ARMADO

Probeta N°									
Identificación									
Descripción	H1	H2	H3						
Resistencia de diseño esperada a los 28 días MPA ☐ Kg/cm2 ☒									
Dureza del Neopreno utilizado									
Fecha de fabricación (día/mes/año)									
Fecha de ensayo (día/mes/año)	20/07/2018	20/07/2018	20/07/2018						
Desviación de la Superficie de Carga (mm)									
Desviación al eje Transversal de la probeta(mm/100mm)									
Desviación al eje Longitudinal de la probeta(mm/100mm)									
Diámetro 1 (mm)	150,75	150,13	148,97						
Diámetro 2 (mm)	153,36	149,82	149,87						
Altura 1 (mm)	303,55	306,00	303,27						
Altura 2 (mm)	304,06	303,12	303,10						
Altura 3 (mm)	305,63	305,91	303,12						
Masa (kg)	12,80	12,24	12,18						
Hora de ensayo (hh:mm)	09h00	09h00	09h00						
Carga máxima (KN)	683,7	742,3	732						
Tipo de falla	2	4	5						

FIRMAN DE RESPONSABILIDAD

PREPARA									
ENSAYA									
INFORME									

FIRMAS RESPONSABLES DE FISCALIZACIÓN DE ENSAYOS

FECHA	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA

OBSERVACIONES

CS

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Maderas

PER PENDICULAR

No. De Orden

Muestras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Identificación	PE1	PE2	PE3									
Ancho (mm)	49,36	48,21	49,80									
Altura (mm)	49,36	49,52	49,46									
Carga (N)	56581	42042	38939									
Masa natural (gr)	291,25	281,93	284,98									
L	150,50	150,61	149,75									

Observaciones

Laboratorista

Informe

CS

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Maderas

FLEXIÓN

No. De Orden

Muestras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Identificación	FL 1											
Ancho (mm)	48,53											
Altura (mm)	30,10											
Carga (N)	12535											
Masa natural (gr)												

Lenho apoyes 20 cm

Observaciones

Laboratorista

Informe

C5

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES

~~Madera en Compresión Perpendicular~~ HUMEDAD Paralela

N° DE ORDEN												
Muestra No.												
Identificación	PA1	PA1	PA2									
Largo (mm)	201,71	199,52	200,34									
Ancho (mm)	48,85	49,38	50,85									
Espesor (mm)	49,62	49,32	49,06									
Carga máxima (N)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Masa natural (gr)	1,28	1,25	1,32	1,22	1,32	1,22	1,32	1,31	1,36	1,33		
Masa seca (gr)	1,18	1,15	1,22	1,12	1,22	1,12	1,21	1,21	1,25	1,27		
Tipo de Falla												

Máxima 150635 193772 165517

Observaciones

Laboratorista

Informe

Policarbonatos

	Ancho	largo	Alto	Carga U
1	89,67 mm	47,6cm	8,38 mm	178,26
2	88,83 mm	45,5cm	8,69 mm	175,75
3	89,87	47,5	8,17	179,67
4	87,60 mm	48cm	8,08 mm	194,37
5	66,39 mm	49cm	8,76	159,60

Moteros

Ident	M1	M2
Largo	52,43	52,49
Ancho	52,37	51,63
Altura	50,21	49,95
Carga	98347	103468