

**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**

**Facultad De Ingeniería**

**Escuela de Sistemas**



**TEMA:**

Desarrollo de una aplicación para el control estadístico de la calidad del hormigón, a nivel prototipo.

**AUTOR:**

ESTEBAN NICOLAS ALVEAR MANCERO

TRABAJO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO DE SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN

**QUITO, 2023 – Mayo- 25**

## **DEDICATORIA**

---

Dedicado a Dios y a todos aquellos que me han brindado su incondicional apoyo, con gratitud y humildad presento esta tesis de grado.

## **AGRADECIMIENTO**

---

Agradezco a todas las personas que me apoyaron y a mi perro.

## RESUMEN

---

En este trabajo de titulación, se aborda el diseño y desarrollo de un prototipo para el control estadístico de la calidad del hormigón. Este material de construcción es de suma importancia para el mundo de la construcción y su calidad debe ser controlada por métodos estandarizados y por un software especializado. El trabajo consta de una descripción a detalle de la construcción del prototipo elaborado y de los métodos estadísticos usados para su respectivo control estadístico de calidad. En primer lugar, se analiza la problemática existente con respecto al control estadístico de la calidad del hormigón y a su vez, se definen los requerimientos necesarios del prototipo. En segundo lugar, se realiza una descripción sobre la construcción del prototipo mostrando tanto la interfaz gráfica como el reporte realizado para el respectivo control estadístico de la calidad del hormigón. Además, se detalla el funcionamiento del programa y los casos de uso que existen. Por último, se realizan pruebas de funcionalidad para comprobar que los requerimientos se cumplan.

## ÍNDICE

---

### Contenido

ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS Y TABLAS .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	9
1.    MARCO DE REFERENCIA.....	9
1.1.  Justificación .....	9
1.2.  Planteamiento del problema.....	9
1.3.  Objetivo General.....	10
1.4.  Objetivos Específicos .....	10
1.5.  Antecedentes.....	10
1.6.  Alcance .....	11
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	12
2.    Marco Teórico.....	12
2.1.  Generalidades .....	12
2.2.  Hormigón de cemento Portland .....	12
2.3.  Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) .....	12
Normas INEN.....	13
ACI (American Concrete Institute).....	14

2.4. Control de calidad estadístico .....	15
2.5. Análisis Estadístico.....	15
Promedio Aritmético $\bar{X}$ .....	15
Desviación Estándar de una muestra S.....	15
Desviación estándar de una población: .....	16
Distribución Normal: .....	16
Series de tiempo:.....	17
Resistencia característica del hormigón $f'_c$ :.....	17
Resistencia a la compresión promedio requerida $f'_{cr}$ :.....	18
2.6. Determinación de la calidad del hormigón.....	18
Condiciones para la aceptación del hormigón .....	19
2.7. Herramientas de desarrollo .....	19
Python.....	21
<i>Descripción</i> .....	21
<i>Librerías de Python</i> .....	22
Aplicación de Escritorio .....	22
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....	23
3. Metodología de desarrollo.....	23
3.1. Enfoque de la Investigación .....	23
Enfoque Cualitativo.....	23
3.2. Diseño de la Investigación .....	23

Diseño no experimental .....	24
3.3. Nivel de la investigación .....	24
Investigación Exploratoria .....	24
3.4. Tipo de Investigación.....	24
Investigación bibliográfica .....	24
3.5. Modalidad de la investigación .....	24
Modalidad de la propuesta tecnológica.....	24
3.6. Descripción de la propuesta.....	25
3.7. Población y muestra .....	25
3.8. Muestreo no probabilístico .....	25
3.9. Técnica e instrumentos .....	25
3.10. Metodología de desarrollo de software .....	26
Metodología Agile Prototyping.....	27
Ciclo de Vida del Agile Prototyping .....	27
<i>Fase de Diseño</i> .....	28
<i>Fase de Construcción</i> .....	28
<i>Fase de Pruebas</i> .....	28
<i>Fase de Evaluación</i> .....	29
3.11. Resultados del Primer Prototipo.....	29
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
4. Desarrollo del Prototipo.....	30

4.1. Fase de Diseño.....	30
Levantamiento de Requerimientos.....	30
<i>Requerimientos funcionales:</i> .....	30
Requisitos No Funcionales.....	32
Diagramas de Casos de Uso.....	33
<i>Caso de Uso: General</i> .....	33
Caso de Uso: Ver Un Ensayo.....	34
<i>Caso de Uso: Agregar un Ensayo</i> .....	34
<i>Caso De Uso: Editar Un Ensayo</i> .....	35
<i>Caso De Uso: Eliminar Un Ensayo</i> .....	35
<i>Caso De Uso: Realizar Un Análisis</i> .....	36
<i>Diagrama de la base de datos</i> .....	36
4.2. Fase de Construcción.....	38
Pantalla de Inicio.....	40
Pantalla de Agregar Ensayos .....	41
Pantalla de Ver Ensayo .....	41
Pantalla de Análisis .....	42
Reporte del Análisis.....	42
CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN.....	45
5. Implementación de la aplicación .....	45
5.1. Pruebas de funcionalidad.....	45

5.2. Pruebas funcionales.....	45
Caso de uso: Ver un Ensayo.....	45
Caso de Uso Agregar un Ensayo.....	49
Caso de Uso Editar un Ensayo .....	52
Caso de Uso Eliminar un Ensayo.....	54
Caso de Uso Realizar un Análisis .....	55
5.3. Fase de Evaluació .....	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	59
BIBLIOGRAFÍA .....	61
ANEXOS.....	64
Anexo A: Guion de la Entrevista para la Obtención de Requerimientos Funcionales.....	64
Anexo B: Entrevista Realizada para la Obtención de Requerimientos Funcionales .....	66
Anexo C: Formato para la Recolección de Datos de los Ensayos de Resistencia a la Compresión del Hormigón .....	69
Anexo D: Formato de Encuesta de Cumplimiento de Requerimientos Funcionales.....	71
Anexo E: Encuesta de Cumplimiento de Requerimientos Funcionales.....	72
Anexo F: Presentación del Primer Prototipo vía Zoom .....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS Y TABLAS

---

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ejemplo de Distribución Normal de Ensayos de Resistencia del Hormigón .....	16
Figura 2 Ciclo De Vida del Agile Prototyping .....	28
Figura 3 Caso de Uso General .....	33
Figura 4 Caso de Uso Ver Un Ensayo .....	34
Figura 5 Caso de Uso Agregar un Ensayo.....	34
Figura 6 Caso de Uso Editar Un Ensayo.....	35
Figura 7 Caso de Uso Eliminar Un Ensayo .....	35
Figura 8 Caso de Uso Realizar un Análisis .....	36
Figura 9 Diagrama de la Base de Datos Utilizada .....	37
Figura 10 Pantalla de Inicio .....	40
Figura 11 Pantalla de Agregar Ensayos.....	41
Figura 12 Pantalla de Ver Ensayos .....	41
Figura 13 Pantalla de Análisis .....	42
Figura 14 Ejemplo del Reporte del Análisis .....	44
Figura 15 Prensa SUZPECAR Usada Para La Obtención De Datos .....	45
Figura 16 Resultado de la Pantalla Ver Ensayo con su Mensaje.....	46
Figura 17 Pantalla Ver Ensayo Después de Aplicar un Filtro junto con su Mensaje .....	47
Figura 18 Resultado de la Búsqueda por Código de Cilindro junto con su Mensaje .....	47
Figura 19 Resultado de Búsqueda por Aproximado al Código de Cilindro .....	48
Figura 20 Resultado de Búsqueda Cuando no hay Coincidencias o Aproximados .....	48
Figura 21 Pantalla de Ingreso de Ensayos con Filas Generadas.....	49
Figura 22 Mensaje de Error Cuando Hay un Código de Cilindro Repetido.....	50
Figura 23 Mensaje de Error Cuando hay un Registro con el Mismo Código ya Ingresado ...	50

Figura 24 Mensaje de Error Cuando Hay un Campo Vacío .....	51
Figura 25 Pantalla Agregar Ensayo y su Mensaje Cuando se Guardan las Filas con Éxito .	51
Figura 26 Menú de Opciones Editar y Eliminar al Hacer Clic Derecho en un Ensayo.....	52
Figura 27 Ventana de Edición de Ensayos .....	53
Figura 28 Edición de un Ensayo en la Ventana de Edición .....	53
Figura 29 Datos Reflejados en la Tabla .....	54
Figura 30 Selección de la Opción Eliminar al Hacer Clic derecho en un Ensayo .....	54
Figura 31 Mensaje de Confirmación ante la Acción de Eliminar Ensayo .....	55
Figura 32 Tabla de Ensayos Registrados sin el Ensayo Eliminado .....	55
Figura 33 Resultado del Filtro en la Tabla de Análisis.....	56
Figura 34 Ventana de Guardado del Reporte Realizado.....	57
Figura 35 Mensaje de Confirmación para realizar una Gráfica con Menos de 30 valores ....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Equivalencias de las Normas Internacionales con las Normas Ecuatorianas .....	13
Tabla 2 Valores de Z con su Correspondiente Área Bajo la Curva de Distribución Normal ..	19
Tabla 3 Tabla De Ponderación De Lenguajes De Programación .....	20
Tabla 4 Tabla De Ponderación De Metodologías De Desarrollo De Software.....	26

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

---

### 1. MARCO DE REFERENCIA

#### 1.1. Justificación

Está comprobado que las empresas agilizan el trabajo de sus empleados mediante la implementación de software especializado (Archdesk ,2020). Todo laboratorio de materiales busca realizar un trabajo de calidad en el análisis de los resultados de la medición de los parámetros físicos o mecánicos de la compresión del hormigón. Pero si el proceso que asegura el control de calidad estadístico es lento, evita que el laboratorio puede obtener su objetivo.

Por tanto, es imperativo que una tarea tan importante como es el control de calidad estadístico se realice minimizando la cantidad de errores que la persona encargada puede cometer, ya sea porque los procesos son lentos, confusos o ineficientes.

Para esto es necesario que se desarrolle un software que permita la integración de datos y los presente como información útil, agilizando así su análisis y por consiguiente su control de calidad estadístico.

#### 1.2. Planteamiento del problema

El proceso del control de calidad de los materiales de construcción consiste en realizar las pruebas al material en cuestión, anotar los resultados de las pruebas, recopilar los datos y verificar si cada medida cumple con los estándares dependiendo del uso que se le vaya a dar al material.

Actualmente los laboratorios de materiales de construcción no disponen de software capaz de realizar el control de calidad del material que permita estandarizar datos y transformarlos en información útil para una de las tareas más importantes en un laboratorio, el control de calidad de sus productos.

El control de calidad estadístico del hormigón se realiza en laboratorios de materiales de construcción sin el uso de software especializado, la mayoría de los registros se guardan en hojas de cálculo o papel. A pesar de que se puede realizar el control de calidad de materiales en estos recursos, no es eficiente.

### **1.3. Objetivo General**

Desarrollar un prototipo de aplicación para el control de calidad estadístico del hormigón

### **1.4. Objetivos Específicos**

- Analizar los requerimientos funcionales y los no funcionales de la aplicación de control de calidad estadístico del hormigón.
- Desarrollar la aplicación en base a los requerimientos.
- Seleccionar herramientas adecuadas para el desarrollo de aplicaciones de escritorio

### **1.5. Antecedentes**

El control de calidad estadístico del hormigón se realiza mediante hojas de cálculo como Excel, basándose en parámetros de aceptación descritos en diferentes Normas INEN 1573, 1855-2, CPE 5 parte 2, pero no existe ningún software especializado en el control estadístico de la calidad del hormigón que siga las normativas INEN o de la ACI 214.

El centro de capacitación tecnológica COAM, contiene una hoja de cálculo que ayuda en el control de Lotes y Amasadas mínimas de hormigón, pero no tiene nada que ver con las normativas INEN o la normativa ACI-214. (COAM, 2023)

También existe el software proporcionado por la empresa LECA ubicada en Barcelona, España, este software está enfocado a la gestión de la calidad del hormigón para su diseño y está estandarizado según las normas de España. (LECA, 2023)

Finalmente se encuentra el software de la empresa MEGA plantas de concreto ubicada en Turquía, que se especializa en el control y gestión una planta de producción de hormigón más no del control de calidad estadístico del hormigón. (MEGA, 2023)

### **1.6. Alcance**

La aplicación se focalizará en hormigones y contendrá:

- Repositorio de datos de las muestras ensayadas en el laboratorio de materiales de construcción.
- Salidas como análisis de datos y filtros para búsquedas.
- La aplicación será capaz de graficar el resultado del análisis estadístico según la Norma ACI-214-65.
- No incluye una interpretación de la información obtenida.

## CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

---

### **2. Marco Teórico**

#### **2.1. Generalidades**

El propósito de este trabajo es desarrollar una aplicación de escritorio para el control estadístico de la calidad de hormigón utilizando herramientas estadísticas como la distribución normal y sus respectivos cálculos. La aplicación será capaz de graficar la distribución normal usando los datos de los resultados de la compresión del hormigón.

#### **2.2. Hormigón de cemento Portland**

Este trabajo utilizará muestras ensayadas de hormigón hecho a base de cemento Portland, *“El hormigón es un material que se utiliza en la construcción. Suele elaborarse mezclando cal o cemento con grava, arena y agua: cuando se seca y fragua, el hormigón se endurece y gana resistencia. La fórmula del hormigón, también llamado concreto, implica la combinación de un aglomerante.”* (DefiniciónDe, 2020)

El aglomerante más usado es el cemento. En la actualidad se fabrican diferentes tipos de cemento portland para aplicaciones específicas debido a la versatilidad y uso. Estos se producen de acuerdo con las especificaciones normativas según el país que corresponda (CEMEX, 2019).

El parámetro más importante para la evaluación del hormigón es su resistencia a la compresión medida en probetas cilíndricas, y ensayadas según la norma INEN 1573.

#### **2.3. Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)**

La Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC recoge una serie de normativas, de obligatorio cumplimiento a nivel nacional, por las cuales se establecen los requisitos mínimos de seguridad y calidad que deben cumplir las edificaciones a nivel nacional, en todas las etapas del proceso constructivo, para este trabajo nos interesa la norma GPE-INEN-34 "Control de calidad del hormigón, bases de fiscalización", en donde detalla el proceso para la evaluación de la

resistencia del hormigón, esta norma está basada en la norma estadounidense ACI-214-65 (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2017).

### Normas INEN

El Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), impulsa la competitividad, productividad y calidad de las empresas en el país. La calidad es una estrategia para el mejoramiento continuo, y es precisamente el INEN, el organismo encargado de garantizar que los productos que se producen y comercializan en el país, sean seguros para el consumo.

Para este trabajo se usarán las siguientes normas:

*Tabla 1 Equivalencias de las Normas Internacionales con las Normas Ecuatorianas*

<b>Norma Internacional</b>	<b>Equivalente Ecuatoriana</b>
ASTM C39 "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens"	INEN "Hormigón De Cemento Hidráulico Determinación De La Resistencia A La Compresión De Especímenes Cilíndricos De Hormigón De Cemento Hidráulico"
ACI 318 "Building Code Requirement for Structural Plain Concrete"	INEN CPE 5 parte 2 "CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN. REQUISITOS DE DISEÑO DEL HORMIGÓN ARMADO."  INEN 1855-2 "HORMIGONES. HORMIGÓN PREPARADO EN OBRA. REQUISITOS"
ACI 214R-11 "Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete"	No tiene un equivalente

La norma INEN 1573 “Hormigón De Cemento Hidráulico Determinación De La Resistencia A La Compresión De Especímenes Cilíndricos De Hormigón De Cemento Hidráulico”, es una norma que se centra en los procedimientos para ensayar cilindros de hormigón y la forma estándar de presentar los datos recolectados.

La norma INEN CPE 5 parte 2 “CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN.

REQUISITOS DE DISEÑO DEL HORMIGÓN ARMADO.”, esta norma se centra en los parámetros de calidad que debe tener un hormigón para ser válido.

Finalmente, la norma INEN 1855-2 “HORMIGONES. HORMIGÓN PREPARADO EN OBRA.

REQUISITOS”, contiene tablas que muestran la resistencia que debe soportar un hormigón de calidad dependiendo del uso que se le vaya a dar.

### **ACI (American Concrete Institute)**

La ACI (American Concrete Institute) es el organismo que realiza las normas para el ensayo del concreto en Estados Unidos, es importante recalcar que todas las normas INEN que tienen que ver con el hormigón se basan en esta norma, dicho textualmente en la norma INEN 1855-2 “Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son referidos en este documento y son indispensables para su aplicación.”, refiriéndose a otras normas INEN y a otros documentos internacionales como la ACI 318, que a su vez menciona a la ACI 214 para las buenas prácticas en la evaluación del hormigón.

La norma ACI 214R-11 es de especial interés para este trabajo, ya que al no haber un equivalente ecuatoriano de esta norma se utilizarán los métodos descritos en ella para el análisis de los datos de resistencia a la compresión del hormigón.

## 2.4. Control de calidad estadístico

El Control de Calidad Estadístico (CCE) es una técnica que utiliza herramientas estadísticas para medir y controlar la calidad de un producto o proceso, estas pueden ser medidas de tendencia central, distribución normal de probabilidades y series de tiempo. El trabajo usará esta técnica para su cometido.

## 2.5. Análisis Estadístico

Para realizar el análisis estadístico es necesario el resultado de la resistencia a la compresión de las muestras cilíndricas de hormigón, agrupados en una serie secuencial de datos, con ello se realizarán los cálculos necesarios para obtener valores promedio y medidas de dispersión las cuales se ajustan a una distribución normal. Todos los cálculos realizados estarán acorde a los procedimientos y recomendaciones descritos en la norma ACI-214-65 (Rojas-Henao et al., 2013)

### Promedio Aritmético $\bar{X}$

Se define la suma aritmética de los resultados de resistencia de todas las pruebas individuales ( $X_i$ ), dividida por el número total de pruebas efectuadas  $N$  (Dagnino, J. 2014).

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{N} = \frac{\sum X_i}{N}$$

### Desviación Estándar de una muestra $S$

Esta medida es requerida para determinar cuan esparcidas se encuentran las pruebas con relación al promedio aritmético de un conjunto de datos menor a 30 (Rojas-Henao et al., 2013).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

### Desviación estándar de una población:

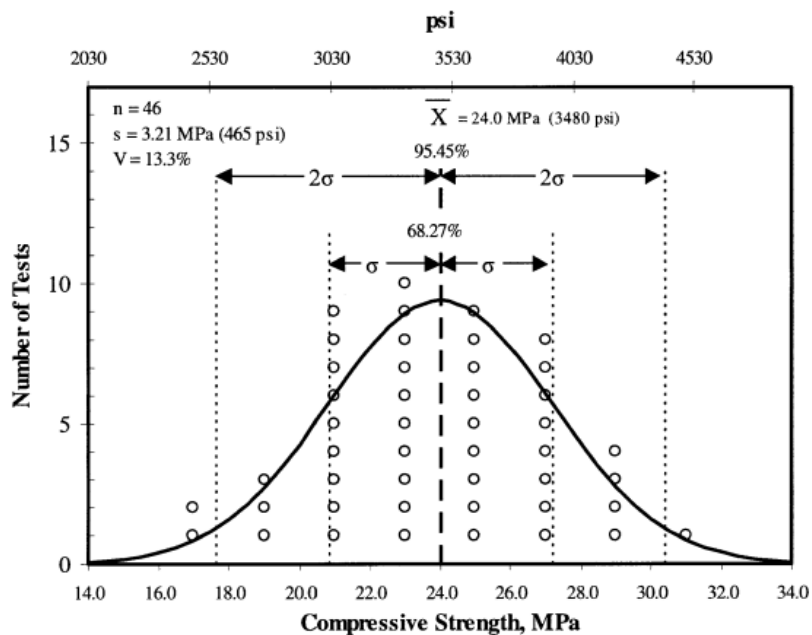
Esta medida es requerida para determinar cuan esparcidas se encuentran las pruebas con relación al promedio aritmético para un conjunto de datos mayor o igual a 30 con lo cual se puede proyectar al universo de datos (Rojas-Henao et al., 2013).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

### Distribución Normal:

La distribución normal tiene una forma de campana simétrica y se define por dos parámetros: la media (resistencia promedio requerida fcr) y la desviación estándar. La media de la distribución indica el valor central o esperado de los datos, mientras que la desviación estándar indica cuánto se alejan los datos de la media. Cabe recalcar que para realizar una distribución normal el número mínimo de muestras es de 30 (Dagnino, J. 2014).

Figura 1 Ejemplo de Distribución Normal de Ensayos de Resistencia del Hormigón



Una distribución normal se dicta por propiedades que serán indispensables al realizar el análisis estadístico, estas son:

- Simetría: La distribución normal es simétrica alrededor de su media. Esto significa que la probabilidad de obtener un valor mayor que la media es la misma que la probabilidad de obtener un valor menor que la media.
- Parámetros de media y desviación estándar: La distribución normal está completamente determinada por su media y su desviación estándar. La media determina la ubicación del centro de la curva, mientras que la desviación estándar determina su ancho.
- Regla empírica: Debido a la simetría de la distribución normal, se puede aplicar la regla empírica que establece que aproximadamente el 68% de los datos se encuentran dentro de una desviación estándar de la media, el 95% de los datos se encuentran dentro de dos desviaciones estándar de la media, y el 99.7% de los datos se encuentran dentro de tres desviaciones estándar de la media. Además, el área bajo la curva representa la probabilidad de que un valor aleatorio se encuentre en un rango de valores específicos.

### **Series de tiempo:**

Las series de tiempo son colecciones de observaciones sobre un determinado fenómeno efectuadas en sucesivos momentos del tiempo, usualmente equiespaciados. (Hernández S, 2015).

### **Resistencia característica del hormigón $f'_c$ :**

La resistencia característica del hormigón es una variable definida en las especificaciones de cada proyecto y es la que ayuda a determinar la calidad del hormigón después de realizar el análisis estadístico (ACI Committee 214, 2011).

### **Resistencia a la compresión promedio requerida $f'_{cr}$ :**

Esta variable se asegura de que no más de una proporción permisible de las pruebas caerá por debajo del esfuerzo a compresión especificado. Esta depende de una constante **Z** la cuál multiplica a la desviación estándar  $\sigma$  que depende del número de pruebas que se esperan sean menores al  $f'_c$  (ACI Committee 214, 2011).

$$f'_{cr} = f'_c + Z * \sigma$$

### **2.6. Determinación de la calidad del hormigón**

Cuando se desea analizar el hormigón para determinar su calidad mediante la estadística podemos referirnos a la norma ACI 214R-11 que nos indica: *“Un requisito típico permite que no más del 10 % estadístico de las pruebas de resistencia caigan por debajo de  $f'_c$ .”*

Bajo estos parámetros la distribución normal nos permite verificar si el hormigón cumple con las especificaciones de la norma mediante el cálculo del área bajo la curva que represente el 90% estadístico de los valores. Para obtener el área bajo la curva de una distribución normal es necesario determinar la constante Z que se refiere a una expresión de posición en el eje X basándose en desviaciones estándar, resistencia característica y resistencia a la compresión promedio requerida.

$$Z = \frac{f'_{cr} - f'_c}{\sigma}$$

Finalmente, para determinar desde que punto el área bajo la curva es igual al 90% estadístico se utiliza esta fórmula:

$$f_{c10} = f'_{cr} - 1.2812\sigma$$

A continuación, se presenta una tabla con algunos valores de Z y su respectiva área bajo la curva. Para este trabajo se utilizará Z como 1.34

Tabla 2 Valores de Z con su Correspondiente Área Bajo la Curva de Distribución Normal

Valores de Z	Área bajo la curva
1.2812	90%
1.29	90.15
1.34	90.99

### Condiciones para la aceptación del hormigón

Según la Norma INEN 1855 parte 2: “El promedio de todos los conjuntos de tres resultados de ensayos consecutivos de resistencia debe ser igual o superior a la resistencia especificada  $f_c$ ”. Para determinar este requerimiento se realizará la media móvil cada 3 pares de ensayos.

Finalmente, el último criterio que debe cumplir un hormigón de calidad es “Cuando la resistencia especificada es 35 MPa o menor, ningún resultado individual de resistencia (promedio de resistencia de dos cilindros) puede estar por debajo de la resistencia especificada, en más de 3,5 MPa  $f_c$ .” (INEN 1855 parte 2, 2015). Esto se determinará mediante el promedio de resistencia de 2 cilindros ensayados.

Cuando la resistencia especificada es mayor que 35 MPa, ningún resultado individual de resistencia (promedio de la resistencia de dos cilindros) puede ser menor que 0,90  $f_c$ .

### 2.7. Herramientas de desarrollo

Una herramienta de desarrollo se refiere al lenguaje de programación que se usará para realizar el desarrollo del trabajo.

A continuación, se muestra una tabla de ponderación de los lenguajes más usados para el desarrollo de software, 5 es la nota más alta y 1 la más baja.

Tabla 3 Tabla De Ponderación De Lenguajes De Programación

<b>Característica</b>	<b>Python</b>	<b>Java</b>	<b>C#</b>	<b>R</b>
<b>Capacidad de procesamiento de datos</b>	5	4	4	5
<b>Disponibilidad de bibliotecas estadísticas</b>	5	4	5	5
<b>Soporte de interfaz gráfica de usuario</b>	4	5	5	3
<b>Soporte de bases de datos SQL</b>	5	5	5	5
<b>Facilidad de desarrollo</b>	5	3	4	4
<b>Portabilidad</b>	5	3	4	2
<b>Comunidad y documentación</b>	5	5	5	4
<b>Rendimiento</b>	4	5	5	5
<b>Total</b>	38	34	37	33

- **Capacidad de procesamiento de datos:** Se refiere a la capacidad del lenguaje de programación para procesar grandes cantidades de datos, como los que se utilizan en cálculos estadísticos complejos.
- **Disponibilidad de bibliotecas estadísticas:** Se refiere a la cantidad y calidad de bibliotecas y herramientas disponibles en el lenguaje de programación para realizar cálculos estadísticos y análisis de datos.
- **Soporte de interfaz gráfica de usuario:** Se refiere a la capacidad del lenguaje de programación para crear interfaces gráficas de usuario intuitivas y fáciles de usar.
- **Soporte de bases de datos SQL:** Se refiere a la capacidad del lenguaje de programación para conectarse y trabajar con bases de datos SQL.

- **Facilidad de desarrollo:** Se refiere a la facilidad con la que se puede escribir código en el lenguaje de programación, lo que incluye la simplicidad y la claridad del lenguaje, así como la cantidad de código necesario para realizar una tarea específica.
- **Portabilidad:** Se refiere a la capacidad del lenguaje de programación para ser utilizado en diferentes sistemas operativos y arquitecturas de hardware sin necesidad de realizar grandes cambios en el código.
- **Comunidad y documentación:** Se refiere a la cantidad y calidad de la documentación y el soporte disponible para el lenguaje de programación, así como la cantidad y calidad de la comunidad de desarrolladores que utilizan y contribuyen al lenguaje.
- **Rendimiento:** Se refiere a la capacidad del lenguaje de programación para ejecutar el código de manera eficiente, sin demoras o retrasos excesivos en el tiempo de procesamiento.

Después de analizar los lenguajes más usados en el desarrollo de aplicaciones de software se llegó a la conclusión de usar Python para el desarrollo de la aplicación de control de calidad estadístico del hormigón.

## **Python**

*“Python es un lenguaje de programación ampliamente utilizado en las aplicaciones web, el desarrollo de software, la ciencia de datos y el machine learning (ML). Los desarrolladores utilizan Python porque es eficiente y fácil de aprender.”* (Amazon Web Services, 2022). En estos últimos años Python se ha destacado por ser uno de los lenguajes de programación más fácil y potentes al momento de desarrollar aplicaciones de software. Por tanto, es una buena opción para el desarrollo de aplicaciones de escritorio.

### **Descripción**

Se escogió el este lenguaje debido a su:

- Capacidad de procesamiento de datos, como los que son utilizados en cálculos estadísticos
- Disponibilidad de bibliotecas estadísticas, Python es uno de los lenguajes más usados en el desarrollo de aplicaciones estadísticas
- Soporte de base de datos SQL: Python permite la conexión y el trabajo con bases de datos SQL
- Soporte de Interfaz gráfica de usuario, Python cuenta con soporte para realizar Interfaces gráficas intuitivas.

### ***Librerías de Python***

Python tiene muchas librerías útiles para el desarrollo de aplicaciones y para el cálculo estadístico, en este trabajo se utilizarán las siguientes:

- Sqlite3: Sirve para crear una conexión a una base de datos SQL.
- Matplotlib: Se usará para la creación de gráficas y el análisis estadístico
- Pandas: Es comúnmente usada en el tratamiento de datos y su estandarización
- PyQt5: Esta librería sirve para realizar interfaces gráficas en Python
- Reportlab: Esta librería es útil para la creación de reportes en Python

### **Aplicación de Escritorio**

Una aplicación de escritorio se define como una aplicación instalada en el dispositivo y no requiere internet para ser iniciada, este punto es el que más difiere de las aplicaciones web. Aunque las aplicaciones web y móviles han crecido a un ritmo increíble, para determinadas tareas las aplicaciones de escritorio aún mantienen el primer puesto en términos de eficiencia y rendimiento

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

---

### **3. Metodología de desarrollo**

Como definición de metodología se tiene que es un conjunto de métodos y técnicas para llevar a cabo una investigación (Coelho F, 2011). Este proceso de recopilación de datos y análisis es la base para garantizar la validez de los resultados obtenidos en la investigación.

#### **3.1. Enfoque de la Investigación**

Después de analizar las características y necesidades de la aplicación prototipo se determinó que el planteamiento metodológico será de enfoque cualitativo con el fin de compartir los hallazgos después de realizar informes de control estadísticos de la calidad del hormigón en con datos recopilados en un laboratorio de materiales de construcción.

#### **Enfoque Cualitativo**

Al ser un enfoque de tipo cualitativo y dado que no se realizó ningún tipo de análisis estadístico este enfoque permite establecer que tan factible fue desarrollar un prototipo de software especializado para el control de calidad estadístico del hormigón.

Se realizó una investigación con la cual se pudo determinar las necesidades de un laboratorio de materiales de construcción para asegurar el control estadístico de la calidad del hormigón, por ende, es importante tener un software especializado que genere reportes del análisis realizado para la determinación de la calidad estadística.

#### **3.2. Diseño de la Investigación**

El diseño de investigación proporciona un marco de referencia para la recopilación y el análisis de datos, describiendo los pasos a seguir para dar con la solución a los objetivos planteados (Martínez C, 2020).

## **Diseño no experimental**

El diseño de investigación no experimental se caracteriza porque el investigador observa el contexto en el que se desarrolla el fenómeno y lo analiza para obtener información, sin manipular de manera significativa las variables, lo cual establece que no se puede dar una relación de causalidad entre las variables (Montano J, 2021).

### **3.3. Nivel de la investigación**

#### **Investigación Exploratoria**

Una investigación exploratoria se aplica cuando el trabajo está en una fase preliminar porque ayuda al investigador a explorar idea y comprender mejor los fenómenos a analizar. Esta herramienta ayuda a identificar, definir y enfocar el problema de una investigación (Creswell, 2014).

### **3.4. Tipo de Investigación**

#### **Investigación bibliográfica**

Una investigación bibliográfica corresponde a la búsqueda, análisis y evaluación de fuentes bibliográficas, con el fin de apoyar a la investigación que va a realizarse. Para así tener fundamentos sobre los cuales basarse y resolver la problemática planteada (Salas D, 2019)

### **3.5. Modalidad de la investigación**

#### **Modalidad de la propuesta tecnológica**

En base a las modalidades, para la elaboración, presentación y aprobación de los Trabajos de Titulación. El Consejo de Educación Superior, en el Reglamento de Régimen Académico (RRA, 2022) en el Art. 35 reconoce dentro de los trabajos de grado en las carreras de formación técnica superior, tecnológica superior, y sus equivalentes, y en la formación de nivel superior de grado, a un Proyecto de Desarrollo Tecnológico.

Por esta razón el presente proyecto consiste en el “Desarrollo de una aplicación para el control estadístico de la calidad del hormigón, a nivel prototipo”.

### **3.6. Descripción de la propuesta**

La propuesta es desarrollar una aplicación de escritorio para el control estadístico de la calidad del hormigón a nivel prototipo según los lineamientos propuestos por la ACI 214R-11 “*Guide To Evaluation Of Strength Test Results Of Concrete*”, y los requerimientos dados en una entrevista con un experto en el campo.

### **3.7. Población y muestra**

Población se refiere al conjunto de elementos que se quiere investigar, estos elementos pueden ser objetos, acontecimientos, situaciones o grupo de personas y para este trabajo es un conjunto finito (INE, 2020).

Se decidió que para este proyecto la información recolectada provendría de la Ingeniera Civil Patricia Querembas, para determinar si la propuesta cumple con las necesidades propuestas.

### **3.8. Muestreo no probabilístico**

Según Explorable (2009) “*la muestra no probabilística no es un producto de un proceso de selección aleatoria. Los sujetos en una muestra no probabilística generalmente son seleccionados en función de su accesibilidad o a criterio personal e intencional del investigador.*” Los resultados obtenidos en este trabajo no pueden generalizar a toda la población debido a las limitaciones del muestreo no probabilístico.

### **3.9. Técnica e instrumentos**

La técnica y los instrumentos dependen de la investigación y del problema. Para este caso se eligió la entrevista y las observaciones.

### 3.10. Metodología de desarrollo de software

Las metodologías de desarrollo de software son un conjunto de técnicas y métodos organizativos que se aplican para diseñar soluciones de software informático, existen metodologías tradicionales, metodologías ágiles, metodologías híbridas.

Las metodologías ágiles se caracterizan por ayudar al desarrollo rápido de un proyecto debido a su flexibilidad y capacidad de adaptación. A diferencia de las metodologías tradicionales, las metodologías ágiles no tienen definidos de manera total y rígida los diferentes requisitos del proyecto, sino que se pueden ir aumentando o retirando en el progreso.

A continuación, se presenta una tabla de ponderación de diferentes metodologías ágiles, donde 5 es el valor más alto y 1 el más bajo.

*Tabla 4 Tabla De Ponderación De Metodologías De Desarrollo De Software*

Características / Metodología Ágil	Scrum	Kanban	Extreme Programming (XP)	Agile por Prototipos	Lean Software
Naturaleza del proyecto	2	2	2	4	2
Ciclo de vida del proyecto	3	3	3	4	3
Flexibilidad y adaptabilidad	2	3	2	5	3
Enfoque en la calidad del producto final	2	2	3	3	3
Facilidad de aprendizaje	5	5	5	4	5
Orientado a prototipos	3	4	4	5	4
Facilidad de uso	4	3	3	5	3
Puntuación Total	21	22	22	30	23

- **Naturaleza del proyecto:** se refiere a la complejidad, incertidumbre y/o novedad del proyecto.
- **Ciclo de vida del proyecto:** se refiere a la estructura y duración del proyecto, incluyendo la planificación, ejecución y cierre de este, en este caso el plazo es corto
- **Flexibilidad y adaptabilidad:** se refiere a la capacidad de la metodología para adaptarse a cambios en el proyecto y ajustar el proceso de trabajo
- **Enfoque en la calidad del producto final:** se refiere a la importancia que se le da a la calidad del producto final entregado al cliente.
- **Facilidad de aprendizaje:** se refiere a la facilidad con la que el equipo de trabajo puede aprender y adoptar la metodología ágil seleccionada.
- **Orientado a prototipos:** se refiere a la capacidad de la metodología para enfocarse en la construcción y validación de prototipos en el proceso de desarrollo de software.
- **Facilidad de uso:** se refiere a la facilidad con la que los usuarios pueden utilizar el producto final entregado por el equipo de desarrollo.

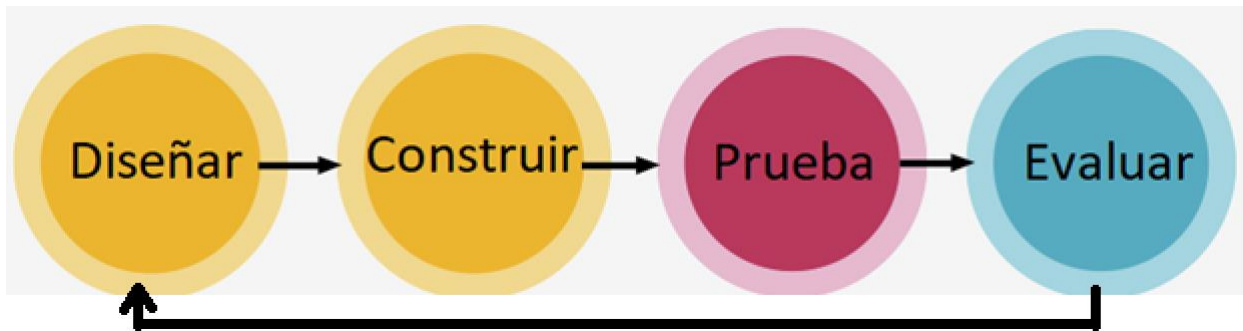
### **Metodología Agile Prototyping**

Después del análisis realizado a las diferentes metodologías se concluyó que para este trabajo la metodología Agile por prototipos era idónea para el enfoque de este trabajo, debido a que se necesita una metodología diseñada para un proyecto con un ciclo de vida corto, y que requiere muchos cambios, además de que tiene que ser fácil de aprender y debe ser orientada a prototipos.

### **Ciclo de Vida del Agile Prototyping**

Se basa en la creación y evaluación de prototipos de manera iterativa su ciclo de vida es el siguiente:

Figura 2 Ciclo De Vida del Agile Prototyping



Consiste en 4 fases en las que se diseña el prototipo en base a los requerimientos, para proceder a su construcción, después a una prueba y finalmente a una evaluación, esto se repite hasta tener un producto satisfactorio

#### ***Fase de Diseño***

En esta fase realiza el levantamiento de requerimientos funcionales mediante la observación y una entrevista, para el diseño de las interfaces(pantallas), así como el esquema para la base de datos y los casos de uso de del proyecto (C.A Hansen, 2022).

#### ***Fase de Construcción***

En esta fase como su nombre indica se procede a la construcción del prototipo, mediante la codificación y el motor de bases de datos deseado. Para este trabajo se utilizará Python 3 y Sqlite 3, así como PyQt5 para el diseño de las interfaces (C.A Hansen, 2022),

#### ***Fase de Pruebas***

Esta fase corresponde a elaboración de las pruebas de funcionalidad del proyecto, basándose en los diagramas de casos de uso. Las pruebas se harán con los datos recopilados en el formato del Anexo C.

### ***Fase de Evaluación***

Finalmente, la fase de evaluación se realiza mediante una tabla de cumplimiento de los requerimientos funcionales, véase el Anexo D. (C.A Hansen, 2022)

#### **3.11. Resultados del Primer Prototipo**

La presentación del primer prototipo se realizó vía Zoom véase Anexo E, y se añadieron los siguientes requerimientos aparte de los presentados en el Capítulo 4:

- Cuando se agrega un ensayo y se ingresa un código repetido las celdas del código repetido se deben marcar en rojo si están dentro del mismo grupo de ingreso, si ya existe un ensayo con ese código de cilindro se pintará la celda en naranja.
- En el reporte debe existir un área sombreada que marque el porcentaje de muestras menores a la resistencia especificada
- En el reporte deben existir flechas que marquen los valores claves como el 10% de muestras y la resistencia especificada.

### 4. Desarrollo del Prototipo

#### 4.1. Fase de Diseño

##### Levantamiento de Requerimientos

Según la entrevista realizada en el Anexo B con el formato del Anexo A, se determinaron los siguientes requerimientos.

##### ***Requerimientos funcionales:***

- El prototipo debe permitir agregar un ensayo con los campos de:
  - Código de Cilindro
  - Proyecto
  - Asentamiento(cm)
  - Elemento de fundición
  - Resistencia especificada (MPA)
  - Fecha de moldeo
  - Edad(días)
  - Diámetro 1(mm)
  - Diámetro 2(mm)
  - Altura (mm)
  - Masa(kg)
  - Carga Máxima(kN)
  - Tipo de falla
  - Observaciones

- El prototipo permitirá mostrar los ensayos realizados, esta pantalla tendrá los campos ingresados al momento de agregar los ensayos y además habrá estos nuevos campos generados automáticamente:
  - o Fecha de Ensayo (Fecha de moldeo + edad)
  - o Diámetro Promedio ( $\text{Diámetro1} + \text{Diámetro2} / 2$ )
  - o Área ( $\text{mm}^2$ )
  - o Volumen ( $\text{mm}^3$ )
  - o Densidad ( $\text{kN/m}^3$ )
  - o Resistencia (MPA)
- Permitirá la edición y eliminación de un registro
- Deberá tener una pantalla de Análisis en la que se muestre los siguientes campos:
  - o Código de Cilindro
  - o Proyecto
  - o Asentamiento (cm)
  - o Elemento de fundición
  - o Resistencia especificada (MPA)
  - o Fecha de moldeo
  - o Edad(días)
  - o Resistencia (MPA)
- Además, incluirá filtros para buscar los ensayos por:
  - o Fecha de moldeo (desde, hasta)
  - o Proyecto
  - o Especificación
  - o Edad
- El prototipo permitirá generar un Reporte en pdf con los siguientes contenidos
  - o Título: "Carta de control del proyecto: (Nombre del proyecto)"

- Edad de los ensayos
- Resistencia Especificada
- Curva de distribución normal
- Tabla con los siguientes campos:
  - Código de cilindro
  - Elemento de Fundición
  - Fecha de moldeo
  - Asentamiento
  - $f'c$
  - $f'c$  promedio
  - Media Móvil
- El prototipo debe permitir al usuario seleccionar en donde se guardará el reporte realizado.
- Deberá mostrar mensajes de confirmación para las siguientes acciones:
  - Eliminar un ensayo
  - Realizar un análisis con menos de 30 datos
- Mostrará mensajes de error para las siguientes acciones:
  - Cambiar el código de cilindro a uno existente
  - Intentar realizar un reporte con menos de 6 datos

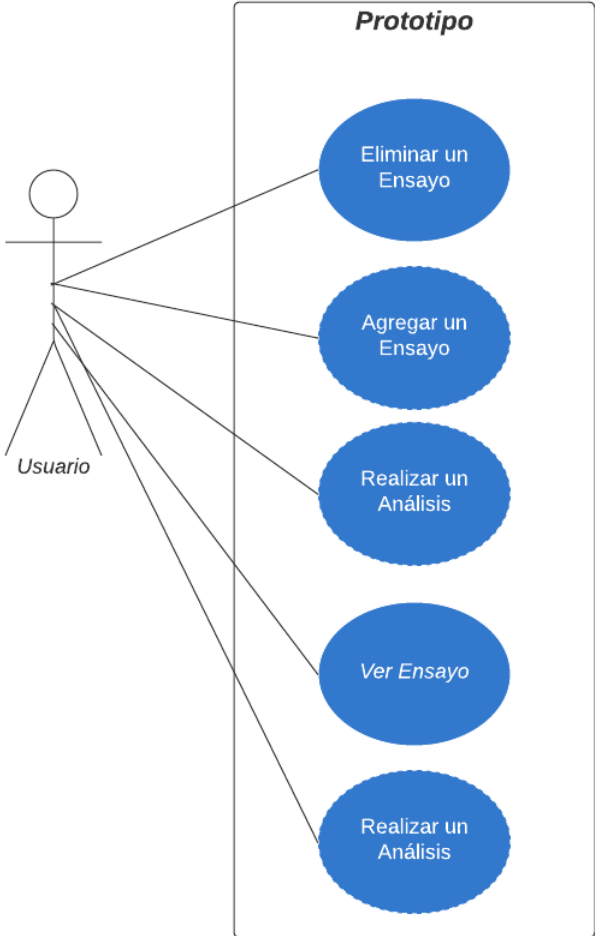
### **Requisitos No Funcionales**

- La aplicación debe iniciar en un tiempo máximo de 5 segundos.
- Las operaciones de búsqueda y filtrado de datos deben completarse en menos de 1 segundo para conjuntos de datos típicos.
- La aplicación debe ser compatible con Windows 10,

**Diagramas de Casos de Uso**

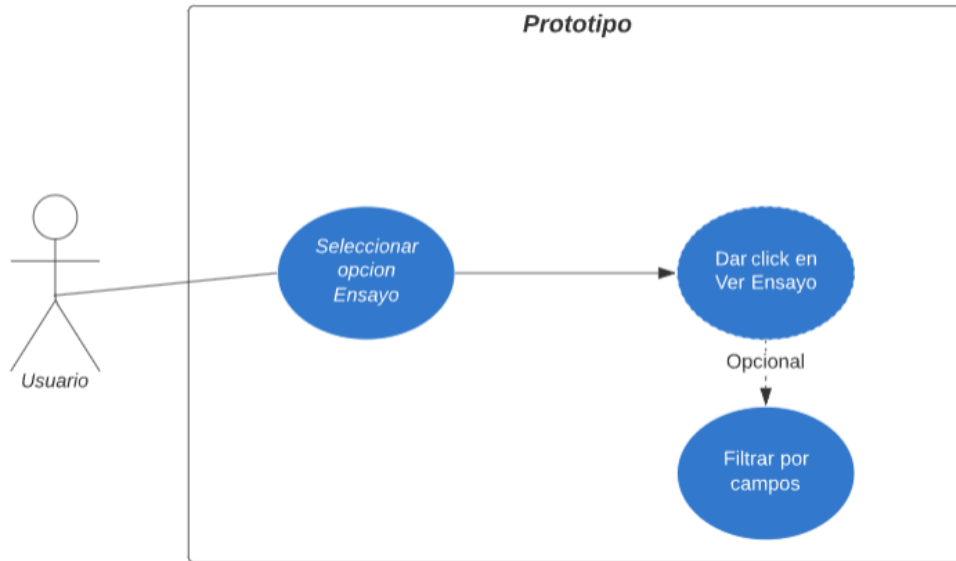
**Caso de Uso: General**

*Figura 3 Caso de Uso General*



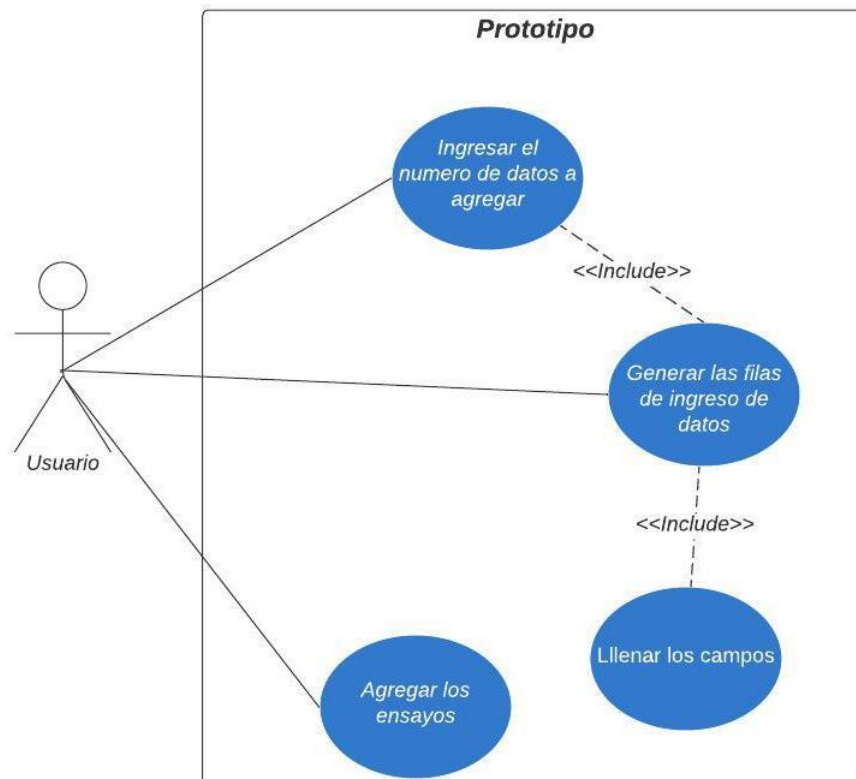
## Caso de Uso: Ver Un Ensayo

Figura 4 Caso de Uso Ver Un Ensayo



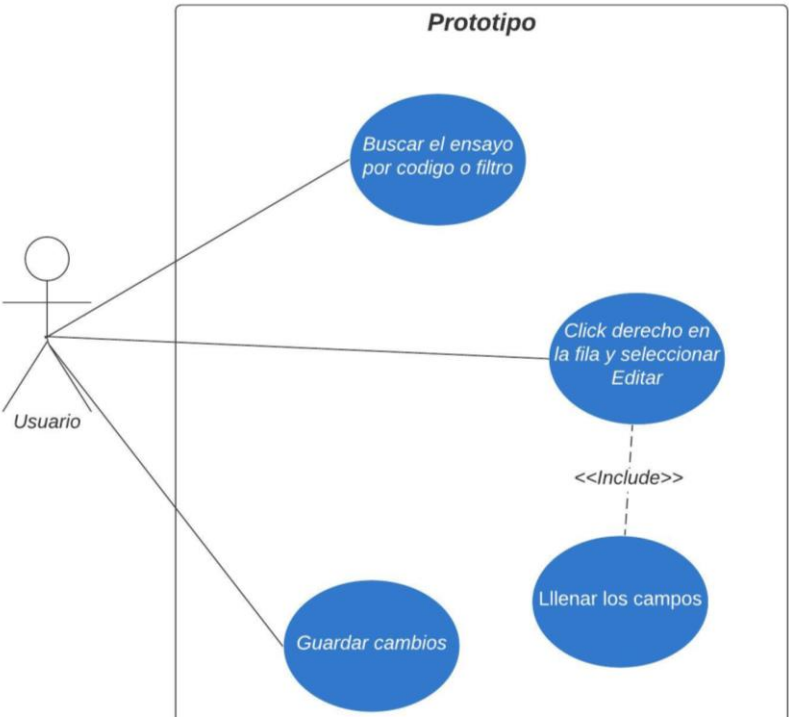
## Caso de Uso: Agregar un Ensayo

Figura 5 Caso de Uso Agregar un Ensayo



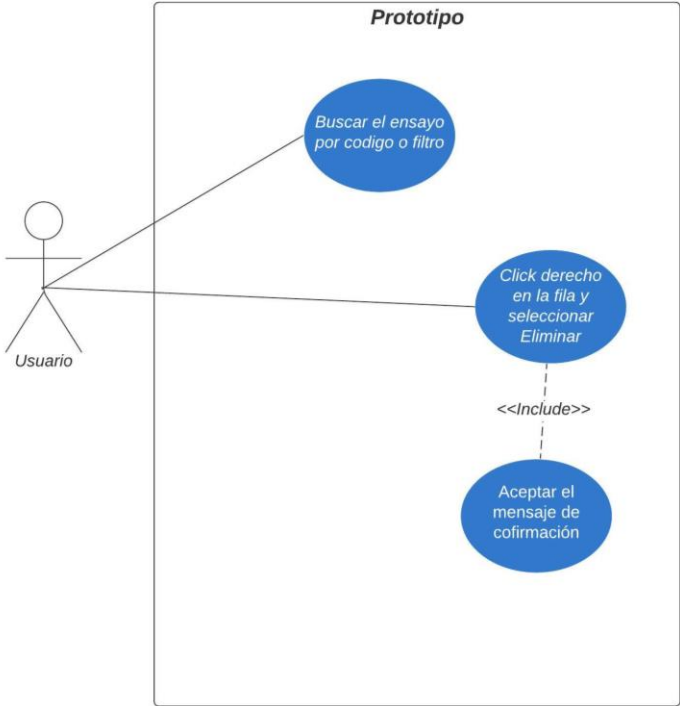
**Caso De Uso: Editar Un Ensayo**

Figura 6 Caso de Uso Editar Un Ensayo



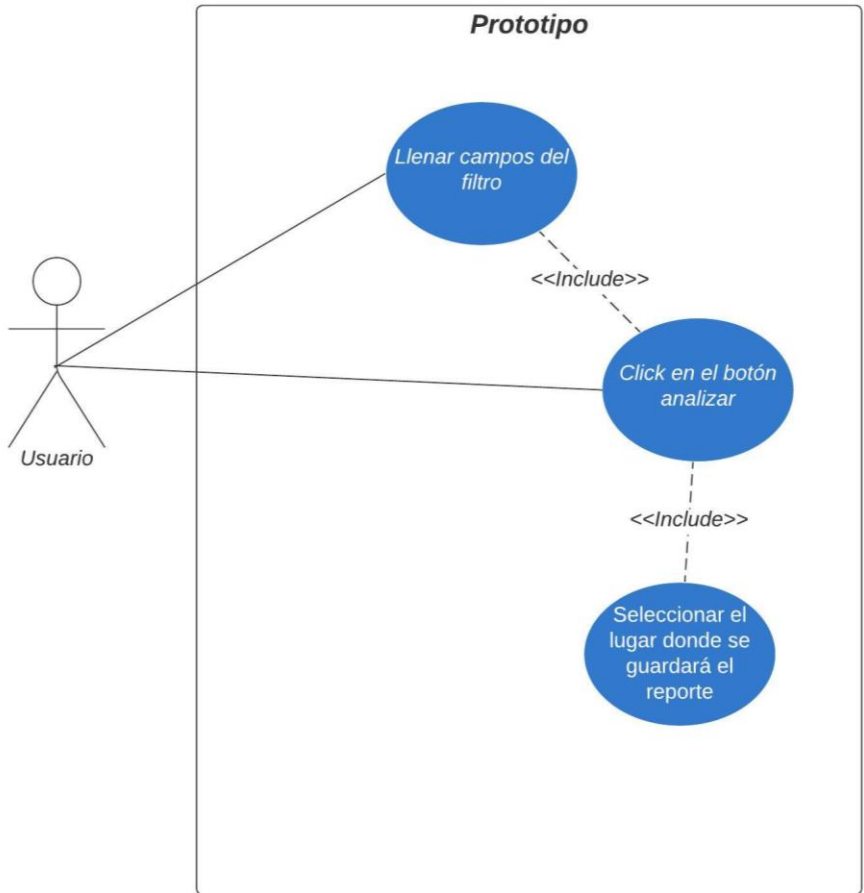
**Caso De Uso: Eliminar Un Ensayo**

Figura 7 Caso de Uso Eliminar Un Ensayo



**Caso De Uso: Realizar Un Análisis**

Figura 8 Caso de Uso Realizar un Análisis



**Diagrama de la base de datos**

Para la base de datos a utilizar se decidió usar únicamente una tabla con los siguientes campos, ya que el objeto de este trabajo no es tener un control sobre las muestras ensayadas sino generar un reporte con un análisis estadístico, los campos que no se utilizan como área, densidad se agregaron ya que la Norma INEN ##### tiene un formato para el reporte de resultados de ensayos del hormigón.

Figura 9 Diagrama de la Base de Datos Utilizada

Table

**ensayo**

▼ Advanced

Fields Constraints

Add
 Remove
 Move to top
 Move up
 Move down
 Move to bottom

Name	Type	NN	PK	AI	U	Default	Check
id	INTEGER	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
codigo_cilindro	VARCHAR(20)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
proyecto	VARCHAR(50)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
asentamiento	REAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
elemento_fundicion	VARCHAR(50)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
especificacion_MPA	REAL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
fecha_moldeo	DATE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
edad_dias	INTEGER	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		"edad_dias" >
fecha_ensayo	DATE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
diametro_1	INTEGER	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
diametro_2	INTEGER	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
diametro_promedio	INTEGER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
altura	INTEGER	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
masa	REAL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
carga_maxima_kN	REAL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
tipo_falla	INTEGER	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
area	REAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
volumen	REAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
densidad	REAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
resistencia	REAL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
observaciones	TEXT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Aquí se muestra el esquema de la tabla que será usada, en la primera columna se encuentran los nombres de los atributos, en la segunda el tipo de dato.

Además, las siglas NN, PK, AI, U, hacen referencia a NOTNULL, PRIMARY KEY, AUTO INCREMENT, y UNIQUE, respectivamente.

## 4.2. Fase de Construcción

Para la elaboración de este trabajo se utilizó como lenguaje de programación Python 3 y para la base de datos una librería de Python llamada sqlite3, se definieron 4 pantallas.

Se decidió no implementar ningún módulo de seguridad por 2 razones:

- El propósito de este trabajo es reducir el error humano en los cálculos realizados para determinar las condiciones de aceptación del hormigón y con ello asegurar el control de calidad estadístico, la manipulación malintencionada de los datos no es un error humano por tanto no se contempla.
- En el levantamiento de los requerimientos no se especifica la necesidad de un módulo de seguridad para el prototipo.

Esto no quiere decir que un módulo de seguridad no pueda o deba ser implementado, sino que el trabajo no contempla ese espacio.

- Pantalla de Inicio:
  - La pantalla de Inicio tiene un título, una barra de navegación en la parte superior con los botones de minimizar, maximizar, reducir y cerrar. En la mitad se encuentran 2 botones desde los cuales se accede a los módulos Ensayo y Análisis.
- Pantalla de Agregar Ensayos
  - La pantalla de Agregar Ensayo tiene una barra de navegación en la parte superior y un menú lateral para dirigirse a la pantalla de Ver Ensayo. En la mitad se presenta un formulario para llenar automáticamente los campos que se repiten al dar click en botón generar. Esta función se hizo pensando en que el proceso de ingreso de datos es repetitivo y para evitar errores al momento de digitar los datos.
  - La pantalla de ingreso de datos se llena de diferentes filas después de dar click al botón de generar, una vez llenadas todas las filas y dar click en el botón de Agregar

se realiza una comprobación de los datos, si es que algún código de cilindro está repetido se notifica al usuario con una alerta.

- Cuando el registro de datos es exitoso se muestra un mensaje en la parte inferior izquierda diciendo cuantas filas se agregaron con éxito.
  - Cabe recalcar que en esta tabla solo están las columnas que son necesarias para generar un registro ya que otros campos se calculan automáticamente.
- Pantalla de Ver Ensayo
- En la pantalla de Ver Ensayo al igual que en todo el módulo de Ensayos existen un menú lateral para navegar entre las 2 pantallas de Ver Ensayo y Agregar Ensayo con la adición de un filtro para búsquedas, una barra de navegación en la parte superior, y a diferencia de la pantalla de Agregar Ensayo solo existe un buscador que busca por similitud completa o parcial del código de cilindro.
  - En esta pantalla existe una tabla donde se listan todos los cilindros registrados y se muestra un mensaje en la parte inferior izquierda con los cilindros que se encontraron, aquí ya se muestran todos los campos requeridos por la norma INEN 1855-2 incluyendo los que se calculan automáticamente.
  - Para acciones como Editar o Eliminar se decidió que solo se muestre la posibilidad al momento de dar click derecho sobre el registro que se desea editar o eliminar, para de esta manera evitar crear cientos de botones al lado de los registros y aminorar la carga de estos.
- Pantalla de Análisis
- La pantalla de análisis tiene una barra de navegación en la parte superior y un menú en la parte izquierda con un filtro, además permite seleccionar la cantidad de gráficas que se desea realizar con los datos.
  - En la mitad existe una tabla con los campos necesarios para realizar el análisis de los datos, se notifica al usuario si es que no existen registros con el filtro aplicado.

- Una vez se da click en el botón Analizar se abre el explorador de archivos para guardar el reporte.

## Pantalla de Inicio

Figura 10 Pantalla de Inicio



## Pantalla de Agregar Ensayos

Figura 11 Pantalla de Agregar Ensayos

**INGRESO DE ENSAYOS**

PROYECTO  N° DE ENSAYOS A INGRESAR  GENERAR

ELEMENTO  RESISTENCIA ESPECIFICADA (MPA)  GENERAR

ID	CODIGO DE CILIN	PROYECTO	SENTAMIENTO	NTO DE FUNDA	ESPECIFICACION	FECHA DE MOLDEO	EDAD(dias)	AM
----	-----------------	----------	-------------	--------------	----------------	-----------------	------------	----

CANCELAR AGREGAR

## Pantalla de Ver Ensayo

Figura 12 Pantalla de Ver Ensayos

**ENSAYOS REGISTRADOS**

CODIGO DEL CILINDRO  BUSCAR

ID	CODIGO DE CILIN	PROYECTO	SENTAMIENTO	NTO DE FUNDA	ESPECIFICACION	FECHA DE MOLDEO	EDAD(DIAS)	AM
----	-----------------	----------	-------------	--------------	----------------	-----------------	------------	----

FECHA DE MOLDEO

DESDE

HASTA

PROYECTO

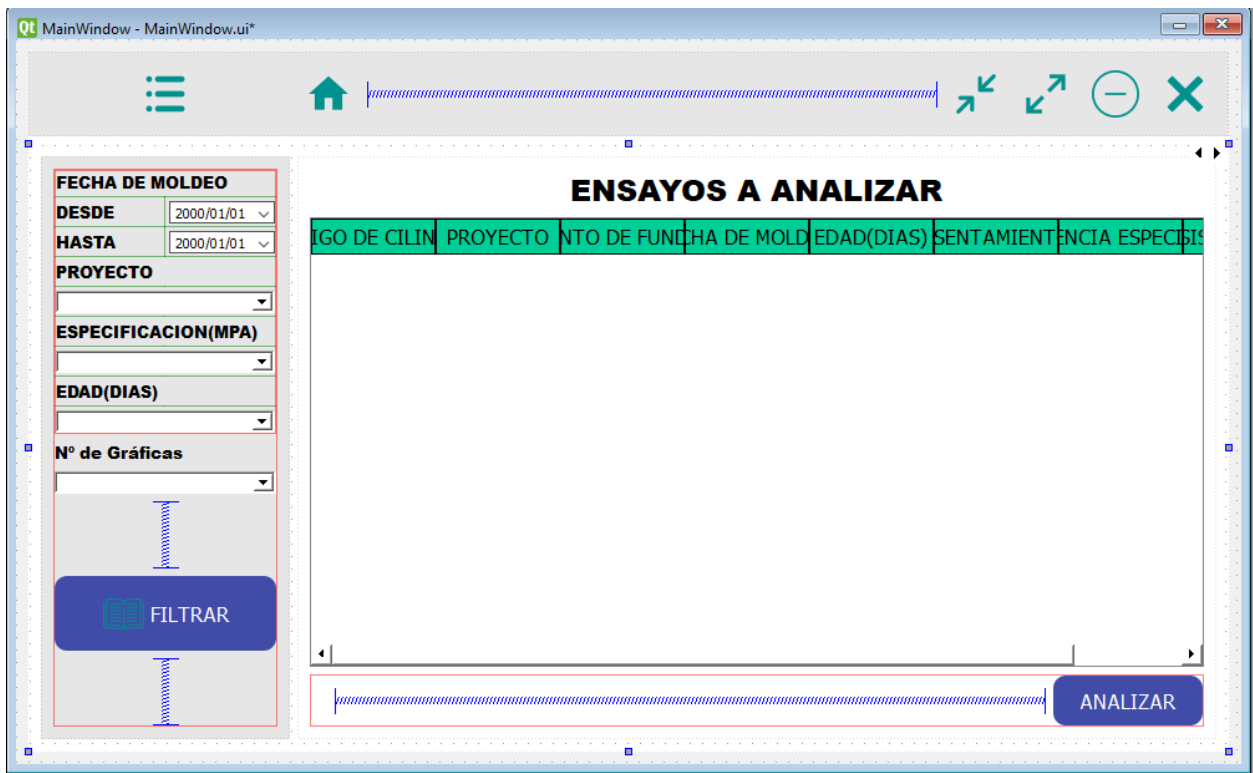
ESPECIFICACION(MPA)

EDAD(DIAS)

Filtrar Refrescar

## Pantalla de Análisis

Figura 13 Pantalla de Análisis



## Reporte del Análisis

La siguiente imagen presenta el resultado del reporte del análisis realizado de las pruebas a la compresión del hormigón. El análisis consta de 3 partes:

- Encabezado

En esta sección se presenta un título con el nombre del proyecto sobre el cuál se está realizando el análisis, 2 subtítulos que representan la edad y la resistencia especificada (**fcr**) de los ensayos.

- Gráfica de distribución normal

La gráfica de distribución normal esta hecha con los valores escogidos en el filtro y consta de:

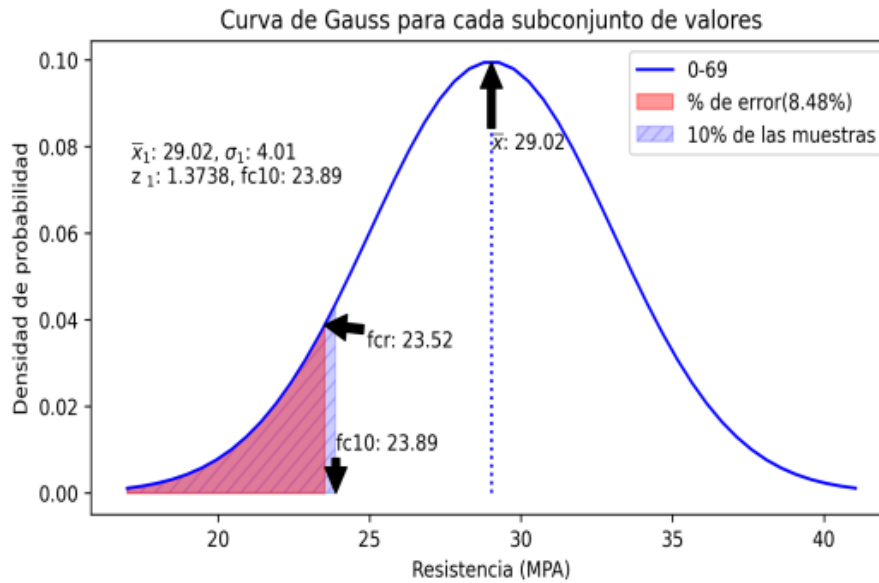
- Leyenda: Ubicada en la parte superior derecha presenta cuantos valores se usaron para la distribución normal, el porcentaje de error que tienen los ensayos y el área que corresponde al 10% de los ensayos.
- Variables: Ubicadas en la parte superior izquierda se presentan 4, empezando por el promedio  $\bar{X}$ , seguido de la desviación estándar  $\sigma$ , el valor de  $z$  usado para calcular el área que corresponde al 10% de los ensayos y finalmente el **fc10** que corresponde al punto de referencia en el que los valores inferiores están por debajo del 10% de los ensayos.
- Tabla de control
  - Esta sección del reporte contiene una tabla con 7 columnas, las primeras 5 columnas corresponden a la información del cilindro de hormigón ensayado como, código, elemento de fundición, fecha de moldeo, asentamiento,  $f'c$  (resistencia). Mientras que las últimas 2 columnas corresponden al cálculo de los parámetros para la aceptación del hormigón explicados anteriormente.

Figura 14 Ejemplo del Reporte del Análisis

## PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR CARTA DE CONTROL DEL PROYECTO: "PROYECTO A"

**EDAD de los ensayos: 28 DIAS**

**La resistencia especificada es: 23.52**



**Datos usados para la primera Gráfica:**

CODIGO	ELEMENTO DE FUNDICION	FECHA DE MOLDEO	ASENTAMIENTO	f <sub>c</sub>	f <sub>c</sub> PRO-MEDIO	MEDIA MOVIL
CIL40	Losa de Cimentacion Carcamo	2021-08-11	n/d	24.41	26.98	
CIL43	Losa de Cimentacion Carcamo	2021-08-11	n/d	29.55		
CIL46	Losa de Cimentacion Carcamo	2021-08-11		30.84	31.04	
CIL32	Losa de Cimentacion Carcamo	2021-08-11	n/d	31.23		
CIL35	Losa de Cimentacion Carcamo	2021-08-11	n/d	30.66	30.95	29.66
CIL38	Losa de Cimentacion Carcamo	2021-08-11	n/d	31.24		
CIL41	Losa de Cimentacion Carcamo	2021-08-11	n/d	35.48	36.2	32.73
CIL44	Losa de Cimentacion Carcamo	2021-08-11	n/d	36.93		
CIL64	Muro del Carcamo Tramo2. Mixer 1	2021-08-19	n/d	31.25	31.48	32.88
CIL67	Muro del Carcamo Tramo2. Mixer 2	2021-08-19	n/d	31.72		
CIL50	Muro del Carcamo Tramo2. Mixer 3	2021-08-19	n/d	30.37	32.74	33.47
CIL53	Muro del Carcamo Tramo2. Mixer 4	2021-08-19	n/d	35.11		

## CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN

---

### 5. Implementación de la aplicación

#### 5.1. Pruebas de funcionalidad

Para el desarrollo de la aplicación se usarán datos recolectados por una prensa hidráulica SUZPECAR calibrada de acuerdo con los estándares INEN-ISO/IEC 17025:2018

*Figura 15 Prensa SUZPECAR Usada Para La Obtención De Datos*



Para la recolección de datos se usará una hoja de campo con los parámetros especificados en la INEN 1573 “Hormigón De Cemento Hidráulico Determinación De La Resistencia A La Compresión De Especímenes Cilíndricos De Hormigón De Cemento Hidráulico”, véase Anexo C.

#### 5.2. Pruebas funcionales

##### **Caso de uso: Ver un Ensayo**

Esta funcionalidad permite visualizar uno o más ensayos

- Resultado esperado:
  - o Se muestran todos los ensayos junto a un mensaje que indica cuantos se encontraron
  - o Si se usa un filtro se muestran todos los ensayos correspondientes a ese filtro y un mensaje que indica cuantos se encontraron

- Si se busca por código se muestra el ensayo y si no existe una coincidencia exacta se muestran otros similares
  - Si no hay similares se muestra un mensaje indicando que no existe un cilindro con ese código o similar
- Resultado Real:
1. Se muestran los ensayos junto con un mensaje que indica cuantos se encontraron

Figura 16 Resultado de la Pantalla Ver Ensayo con su Mensaje

The screenshot shows a mobile application interface for viewing test results. At the top, there is a navigation bar with a menu icon, a home icon, and a close icon. Below the navigation bar, there are two main buttons: 'Ver Ensayos' and 'Agregar Ensayos'. To the left of the main content is a sidebar with filter options: 'FECHA DE MOLDEO' (with 'DESDE' and 'HASTA' dropdowns set to '2000/01/01'), 'PROYECTO' (set to 'PROYECTO A'), 'ESPECIFICACION(MPA)' (set to '13.72'), and 'EDAD(DIAS)' (set to '7'). A 'Filtrar' button is at the bottom of the sidebar. The main content area is titled 'Ensayos Registrados' and contains a table with the following data:

	CODIGO DE CILINDRO	PROYECTO	ASENTAMIENTO	ELEMENTO DE FUND
1	CIL1	PROYECTO A		Replantillo Losa de Cimentacion
2	CIL3	PROYECTO A	None	Replantillo Losa de Cimentacion
3	CIL2	PROYECTO A	None	Replantillo Losa de Cimentacion
4	CIL4	PROYECTO A	None	Replantillo Losa de Cimentacion
5	CIL5	PROYECTO A	None	Replantillo Losa de Cimentacion
6	CIL6	PROYECTO A	None	Replantillo Losa de Cimentacion
7	CIL7	PROYECTO A	None	Replantillo Losa de Cimentacion
8	CIL8	PROYECTO A	None	Replantillo Losa de Cimentacion
9	CIL11	PROYECTO A	None	Losa de Cimentacion Carcamo
10	CIL14	PROYECTO A	None	Losa de Cimentacion Carcamo
11	CIL17	PROYECTO A	None	Losa de Cimentacion Carcamo

Below the table, a message states 'Se encontraron 545 ensayos' and a 'Refrescar' button is visible.

2. Al aplicar un filtro se indica cuantos ensayos se encontraron

Figura 17 Pantalla Ver Ensayo Después de Aplicar un Filtro junto con su Mensaje

**Ensayos Registrados**

	CODIGO DE CILINDRO	PROYECTO	ASENTAMIENTO	ELEMENTO DE FUNDICION
1	CIL11	PROYECTO A	None	Losa de Cimentacion Carcamo
2	CIL14	PROYECTO A	None	Losa de Cimentacion Carcamo
3	CIL17	PROYECTO A	None	Losa de Cimentacion Carcamo
4	CIL20	PROYECTO A	None	Losa de Cimentacion Carcamo
5	CIL23	PROYECTO A	None	Losa de Cimentacion Carcamo
6	CIL31	PROYECTO A	None	Losa de Cimentacion Carcamo
7	CIL34	PROYECTO A	None	Losa de Cimentacion Carcamo
8	CIL37	PROYECTO A	None	Losa de Cimentacion Carcamo
9	CIL47	PROYECTO A	None	Muro del Carcamo Tramo2. Mixer 1
10	CIL49	PROYECTO A	None	Muro del Carcamo Tramo2. Mixer 2
11	CIL52	PROYECTO A	None	Muro del Carcamo Tramo2. Mixer 3

**Se encontraron 71 ensayos**

- Al realizar una búsqueda por código de cilindro se muestra el cilindro junto con un mensaje que indica que se encontró el cilindro

Figura 18 Resultado de la Búsqueda por Código de Cilindro junto con su Mensaje

**ENSAYOS REGISTRADOS**

CODIGO DEL CILINDRO

	CODIGO DE CILINDRO	PROYECTO	ASENTAMIENTO	ELEMENTO DE FUNDICION	ESPECIFICACION
1	CIL2	PROYECTO A	None	Replantillo Losa de Cimentacion	13.72

**Se muestra el ensayo con codigo CIL2**

- Al realizar una búsqueda por un aproximado al código se muestra un mensaje con la cantidad de ensayos con similitudes se encontraron

Figura 19 Resultado de Búsqueda por Aproximado al Código de Cilindro

The screenshot shows a web interface for 'ENSAYOS REGISTRADOS'. At the top, there is a search bar with the text 'CODIGO DEL CILINDRO sau' and a 'BUSCAR' button. Below the search bar is a table with the following data:

	CODIGO DE CILINDRO	PROYECTO	ASENTAMIENTO	ELEMENTO DE FUNDICION	ESPECIFICACION(MPA)
1	SAUCES1	SAUCES		PLINTOS	23.52
2	SAUCES23	SAUCES		PLINTOS	23.52
3	SAUCES2	SAUCES		PLINTOS	23.52

Below the table, a message states: 'Se encontraron 3 ensayos con un codigo similar' followed by a 'Refrescar' button.

- Si no existe un ensayo similar o igual al código proporcionado se muestra un mensaje indicando que no se encontró ningún ensayo con ese código igual o similar

Figura 20 Resultado de Búsqueda Cuando no hay Coincidencias o Aproximados

The screenshot shows the same 'ENSAYOS REGISTRADOS' interface, but with the search term 'sau123131'. The table below the search bar is empty. An error dialog box is overlaid on the table, with the following text:

Error  
No se encontró ningun ensayo con ese código o similar  
OK

## Caso de Uso Agregar un Ensayo

Esta funcionalidad permite agregar uno o más ensayos:

- Resultado esperado:
  - o Si los campos son correctos se muestra un mensaje diciendo cuantas filas se guardaron.
  - o Si los campos están vacíos o el código de cilindro esta repetido se muestra un mensaje de error y se pinta las celdas de color rojo si está vacío o repetido, naranja sí que ya existe en la base de datos
- Resultado Real:
  1. Se generan las filas de ingreso de datos

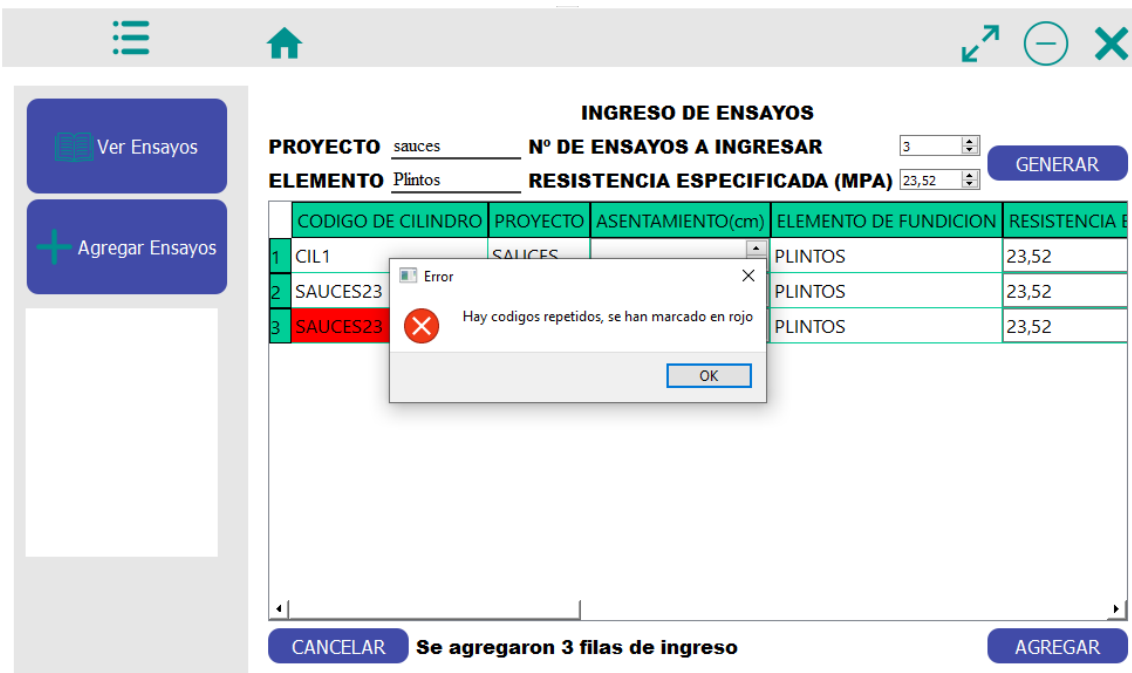
Figura 21 Pantalla de Ingreso de Ensayos con Filas Generadas

The screenshot shows a mobile application interface for entering test data. At the top, there is a navigation bar with a menu icon, a home icon, and zoom controls. Below the navigation bar, there are two buttons: 'Ver Ensayos' and 'Agregar Ensayos'. The main area is titled 'INGRESO DE ENSAYOS' and contains a form with the following fields: 'PROYECTO' (sauces), 'N° DE ENSAYOS A INGRESAR' (3), 'ELEMENTO' (Plintos), and 'RESISTENCIA ESPECIFICADA (MPA)' (23,52). A 'GENERAR' button is located to the right of the form. Below the form is a table with 6 columns: 'CODIGO DE CILINDRO', 'PROYECTO', 'ASENTAMIENTO(cm)', 'ELEMENTO DE FUNDICION', and 'RESISTENCIA E'. The table contains 3 rows of data, all with the same values: 'SAUCES', 'PLINTOS', and '23,52'. Below the table, there is a 'CANCELAR' button and a confirmation message: 'Se agregaron 3 filas de ingreso'. At the bottom right, there is an 'AGREGAR' button.

	CODIGO DE CILINDRO	PROYECTO	ASENTAMIENTO(cm)	ELEMENTO DE FUNDICION	RESISTENCIA E
1		SAUCES		PLINTOS	23,52
2		SAUCES		PLINTOS	23,52
3		SAUCES		PLINTOS	23,52

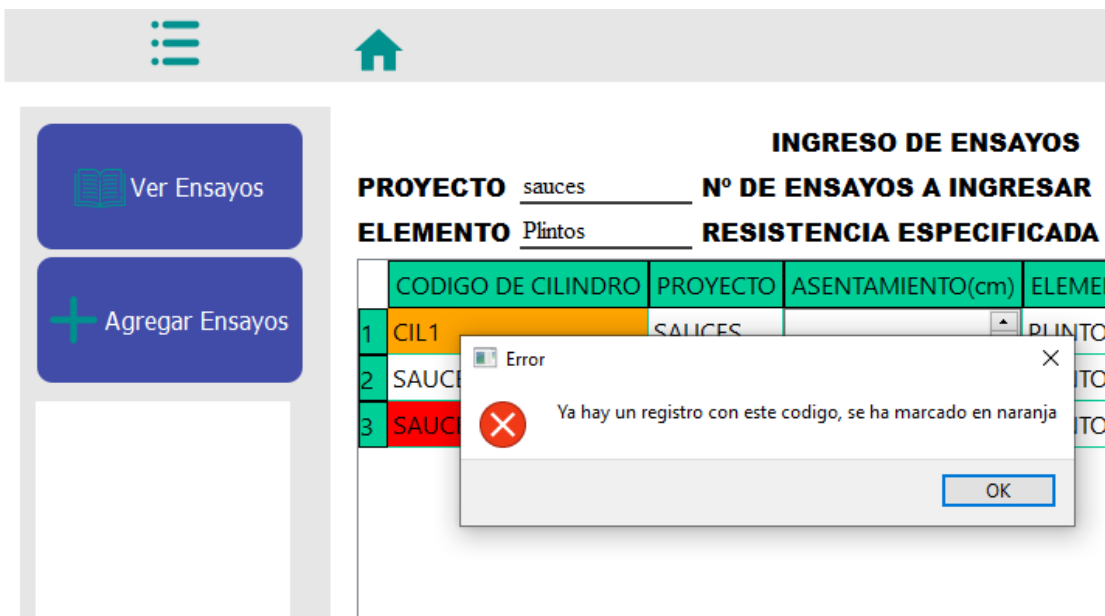
2. Se llenan las filas y se da clic en agregar
  - a. Si hay un código repetido se muestra el mensaje y se pinta la celda en rojo

Figura 22 Mensaje de Error Cuando Hay un Código de Cilindro Repetido



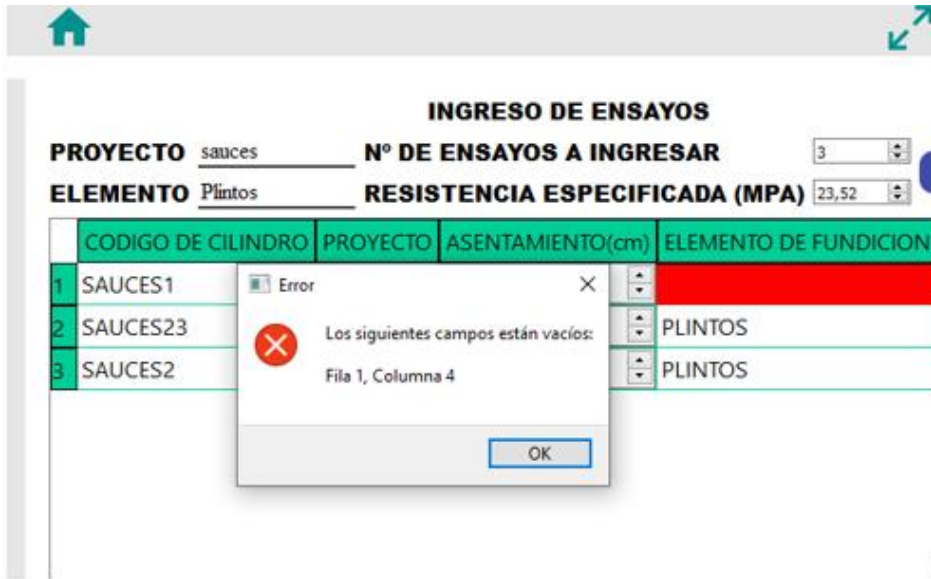
- b. Si hay un código ya registrado se muestra un mensaje y la celda se pinta en naranja.

Figura 23 Mensaje de Error Cuando hay un Registro con el Mismo Código ya Ingresado



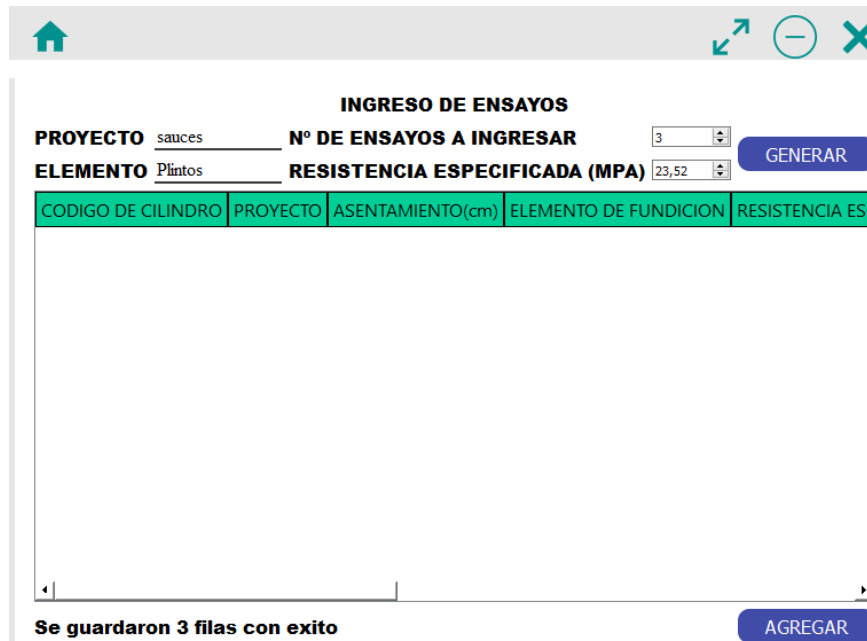
- c. Si hay un campo vacío se muestra este mensaje y la celda se pinta en rojo

Figura 24 Mensaje de Error Cuando Hay un Campo Vacío



- d. Si todos los campos están correctos se muestra un mensaje indicando cuantas filas se guardaron y se borran las filas.

Figura 25 Pantalla Agregar Ensayo y su Mensaje Cuando se Guardan las Filas con Éxito

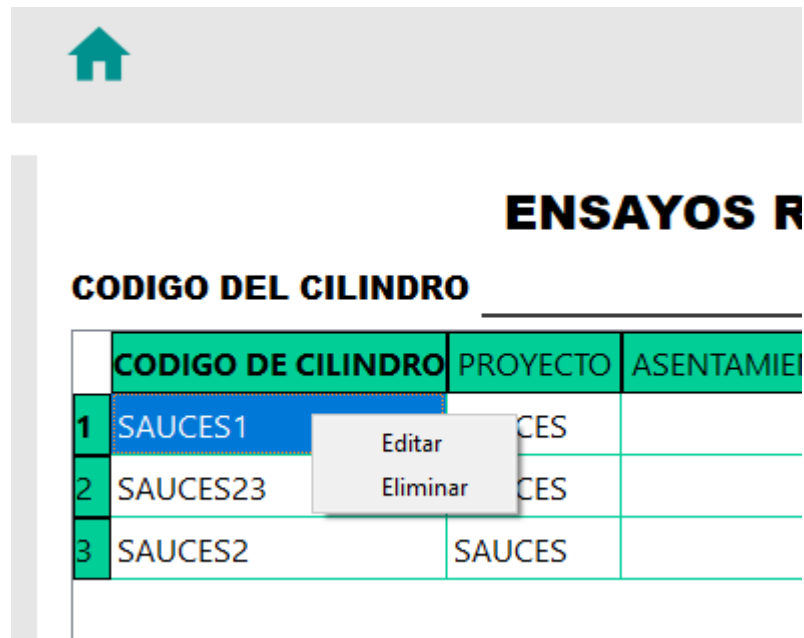


## Caso de Uso Editar un Ensayo

Esta funcionalidad permite editar un ensayo:

- Resultado esperado:
  - o Al dar clic derecho en el ensayo que se desea editar se abre un menú con las opciones editar y eliminar
  - o Al hacer clic en la opción editar se abre una ventana con los datos del ensayo
  - o Después de modificar los campos y dar clic en el botón SAVE los datos modifican y se reflejan en la tabla
- Resultado Real:
  1. Al dar clic derecho en un ensayo se abre un menú con las opciones editar y eliminar

Figura 26 Menú de Opciones Editar y Eliminar al Hacer Clic Derecho en un Ensayo



The screenshot shows a web interface with a home icon in the top left. The main content area is titled "ENSAYOS R" and contains a table with the heading "CODIGO DEL CILINDRO". The table has three columns: "CODIGO DE CILINDRO", "PROYECTO", and "ASENTAMIE". A context menu is open over the first row, showing "Editar" and "Eliminar" options.

	CODIGO DE CILINDRO	PROYECTO	ASENTAMIE
1	SAUCES1	SAUCES	
2	SAUCES23	SAUCES	
3	SAUCES2	SAUCES	

2. Al hacer clic en la opción editar se abre una ventana con los datos del ensayo

Figura 27 Ventana de Edición de Ensayos

Dialog

EDICION DE CILINDROS

CODIGO DE CILINDRO	SAUCES1	PROYECTO	SAUCES
ASENTAMIENTO		FECHA DE MOLDEO	1/1/2000
ELEMENTO DE FUNDICION	PLINTOS	RESISTENCIA ESPECIFICADA	23,52
CARGA MAXIMA (kN)	1,00	ALTURA(mm)	1
DIAMETRO 1(mm)	1	MASA(Kg)	1,00
DIAMETRO 2(mm)	1	EDAD	1
OBSERVACIONES		TIPO DE FALLA	1

Save Cancel

3. Después de modificar los campos y dar clic en el botón SAVE los datos se modifican.

Figura 28 Edición de un Ensayo en la Ventana de Edición

Dialog

EDICION DE CILINDROS

CODIGO DE CILINDRO	SAUCES1	PROYECTO	SAUCES
ASENTAMIENTO		FECHA DE MOLDEO	1/1/2000
ELEMENTO DE FUNDICION	MURO	RESISTENCIA ESPECIFICADA	23,52
CARGA MAXIMA (kN)	1,00	ALTURA(mm)	1
DIAMETRO 1(mm)	1	MASA(Kg)	1,00
DIAMETRO 2(mm)	1	EDAD	1
OBSERVACIONES		TIPO DE FALLA	1

Save Cancel

4. Datos Reflejados en la Tabla

Figura 29 Datos Reflejados en la Tabla

**ENSAYOS REGISTRADOS**

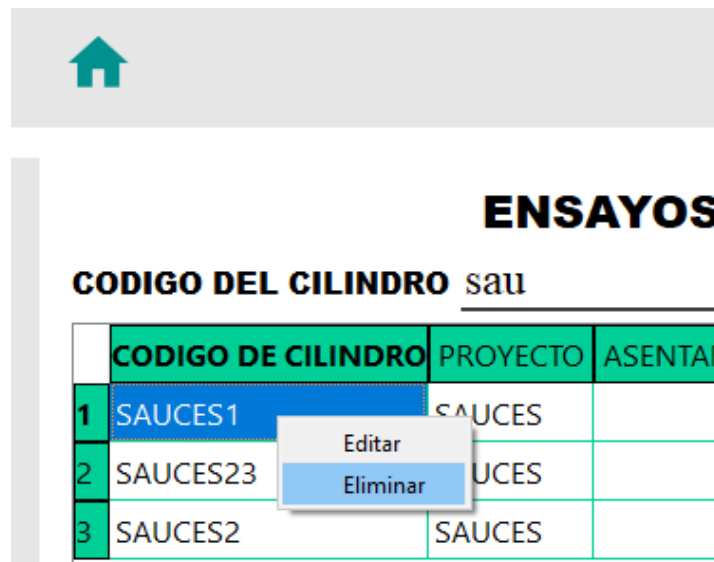
**CODIGO DEL CILINDRO** sau BUSCAR

	CODIGO DE CILINDRO	PROYECTO	ASENTAMIENTO	ELEMENTO DE FUNDICION	ESPECIFICACION(MPA)
1	SAUCES1	SAUCES		MURO	23.52

### Caso de Uso Eliminar un Ensayo

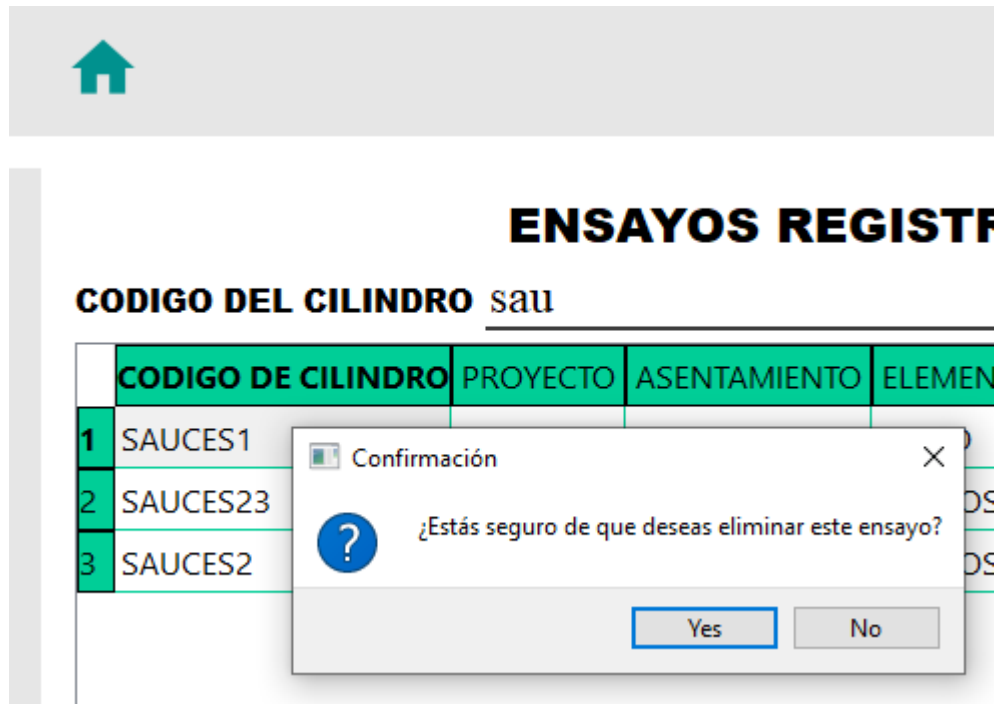
- Resultado esperado:
  - o Al dar clic derecho en el ensayo que se desea editar se abre un menú con las opciones editar y eliminar
  - o Al hacer clic en la opción eliminar aparece un mensaje de confirmación
  - o Al aceptar el mensaje se elimina el ensayo y se refleja en la base de datos
- Resultado Real:
  1. Al dar clic derecho en un ensayo se abre un menú con las opciones editar y eliminar

Figura 30 Selección de la Opción Eliminar al Hacer Clic derecho en un Ensayo



2. Al hacer clic en la opción eliminar aparece un mensaje de confirmación

Figura 31 Mensaje de Confirmación ante la Acción de Eliminar Ensayo



3. Al aceptar el mensaje se elimina el ensayo y se refleja en la base de datos

Figura 32 Tabla de Ensayos Registrados sin el Ensayo Eliminado



### Caso de Uso Realizar un Análisis

- Resultado esperado:

- Al llenar el filtro de ensayos se muestran los ensayos disponibles junto con un mensaje de cuantos se encontraron
  - Al hacer clic en el botón analizar se abre una ventana que indica en donde se desea guardar el reporte.
  - Si el tamaño de la muestra es menor a 30 valores aparecerá un mensaje de confirmación indicando al usuario que la muestra tiene menos de 30 valores y que se usará estadística para muestras.
- Resultado Real:
1. Al llenar el filtro de ensayos se muestran los ensayos disponibles junto con un mensaje de cuantos se encontraron.

Figura 33 Resultado del Filtro en la Tabla de Análisis

**FECHA DE MOLDEO**  
**DESDE** 2000/01/01  
**HASTA** 2023/01/01  
**PROYECTO** PROYECTO A  
**ESPECIFICACION(MPA)** 13.72  
**EDAD(DIAS)** 28  
**Nº de Gráficas** 1  
**FILTRAR**

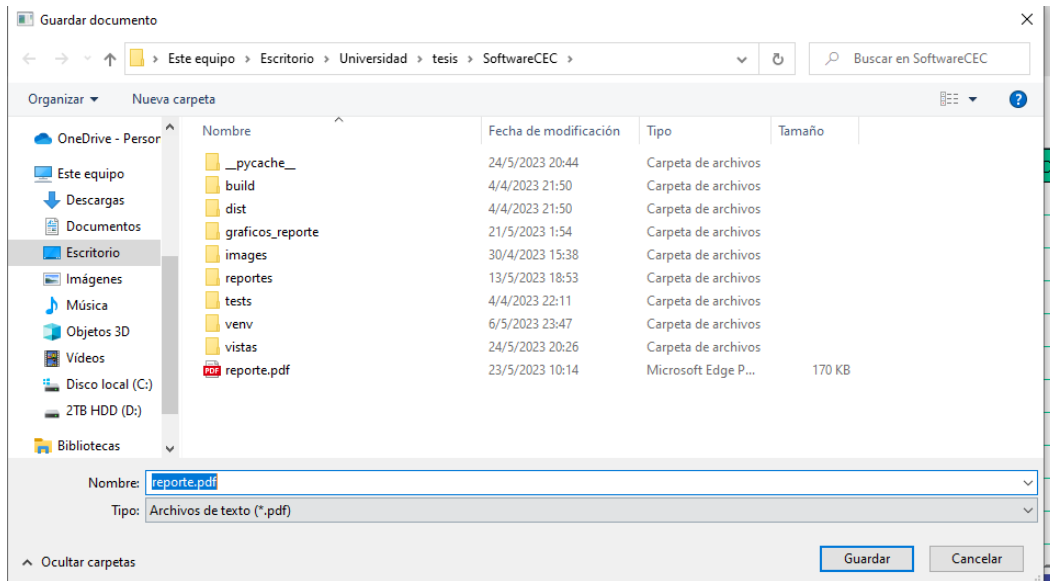
**ENSAYOS A ANALIZAR**

	CODIGO DE CILINDRO	PROYECTO	ELEMENTO DE FUNDICION	FECHA DE MOLDEO
1	CIL2	PROYECTO A	Replantillo Losa de Cimentacion	2021-07-16
2	CIL4	PROYECTO A	Replantillo Losa de Cimentacion	2021-07-16
3	CIL7	PROYECTO A	Replantillo Losa de Cimentacion	2021-07-31
4	CIL8	PROYECTO A	Replantillo Losa de Cimentacion	2021-07-31
5	CIL84	PROYECTO A	Replantillo Captacion	2021-08-30
6	CIL85	PROYECTO A	Replantillo Captacion	2021-08-30
7	CIL89	PROYECTO A	Replantillo Captacion	2021-09-01
8	CIL105	PROYECTO A	Replantillo Captacion	2021-09-01
9	CIL26AA	PROYECTO A	Replantillo Tanque planta de tratamiento	2021-11-13
10	CIL119Li	PROYECTO A	Replantillo Tanque planta de tratamiento	2021-11-13
11	CIL78AA	PROYECTO A	Replantillo distribuidor de caudales	2022-01-29

**Se encontraron 18 ensayos** **ANALIZAR**

2. Al hacer clic en el botón analizar se abre una ventana que indica en donde se desea guardar el reporte.

Figura 34 Ventana de Guardado del Reporte Realizado



- Si el tamaño de la muestra es menor a 30 valores aparecerá un mensaje de confirmación indicando al usuario que la muestra tiene menos de 30 valores y que se usará estadística para muestras.

Figura 35 Mensaje de Confirmación para realizar una Gráfica con Menos de 30 valores

↗ ⊖ ✕

### ENSAYOS A ANALIZAR

	CODIGO DE CILINDRO	PROYECTO	ELEMENTO DE FUNDICION	FECHA DE MOLDE
1	CIL2	PROYECTO A	Replantillo Losa de Cimentacion	2021-07-16
2	CIL4	PROYECTO A	Replantillo Losa de Cimentacion	2021-07-16
3				2021-07-31
4				2021-07-31
5				2021-08-30
6				2021-08-30
7	CIL89	PROYECTO A	Replantillo Captacion	2021-09-01
8	CIL105	PROYECTO A	Replantillo Captacion	2021-09-01
9	CIL26AA	PROYECTO A	Replantillo Tanque planta de tratamiento	2021-11-13
10	CIL119Li	PROYECTO A	Replantillo Tanque planta de tratamiento	2021-11-13
11	CIL78AA	PROYECTO A	Replantillo distribuidor de caudales	2022-01-29

**Confirmación**

No hay suficientes datos para realizar una distribución normal, ¿Desea realizarla de todos modos? (Se usará estadística para muestras n-1)

Se encontraron 18 ensayos

ANALIZAR

### **5.3. Fase de Evaluación**

Para la fase de evaluación se decidió realizar una encuesta de cumplimiento de requerimientos véase Anexo D, en dicha encuesta se plantearon 9 preguntas basadas en los requerimientos funcionales obtenidos en la fase de diseño. Se decidió usar un parámetro de aprobación, en lugar de otro método de evaluación como una escala de Likert, debido a que el objetivo de esta encuesta es verificar si los requerimientos se cumplen, no determinar el grado de satisfacción del cliente.

La persona a la que se entregó la encuesta fue la ingeniera civil Patricia Querembas debido a que es una persona con mucha experiencia en el control de calidad estadístico del hormigón, también ha trabajado en el laboratorio de materiales de la construcción de la PUCE, y en el proyecto para la construcción del nuevo aeropuerto de Quito.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

- **Conclusiones**

1. El análisis exhaustivo de los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación de control de calidad estadístico del hormigón es de vital importancia. Este análisis permite comprender las necesidades y expectativas de los usuarios, así como los aspectos técnicos y de rendimiento que deben abordarse en el desarrollo del prototipo. Establecer una base sólida a través de este análisis es fundamental para la planificación y el diseño de la aplicación.
2. El diseño de la aplicación debe estar enfocado en cumplir con los requerimientos funcionales identificados durante el análisis. Es crucial definir cuidadosamente la estructura de la aplicación, la disposición de los elementos de la interfaz de usuario y las funcionalidades específicas que permitirán el control de calidad estadístico del hormigón de manera eficiente y efectiva. Un diseño bien elaborado garantizará la usabilidad y una experiencia satisfactoria para el usuario.
3. La selección adecuada de las herramientas para el desarrollo de aplicaciones de escritorio es un factor determinante en el éxito del prototipo. Es esencial escoger las herramientas de acuerdo con los requerimientos de la aplicación, considerando factores como la facilidad de uso, la escalabilidad y las capacidades de visualización de datos. La elección correcta de las herramientas contribuye directamente a la eficiencia y la calidad del desarrollo de datos.

- **Recomendaciones**

1. Se recomienda realizar un análisis exhaustivo de los requisitos funcionales y no funcionales: Antes de comenzar el proceso de desarrollo de la aplicación de control de calidad estadístico del hormigón. Este análisis ayudará a comprender las necesidades

y expectativas de los usuarios, así como a identificar los aspectos técnicos y de rendimiento que deben abordarse.

2. Es recomendable priorizar un diseño centrado en el cumplimiento de los requerimientos funcionales. Enfocándose en crear un diseño tenga en cuenta la estructura de la aplicación, la disposición de los elementos de la interfaz de usuario y las funcionalidades específicas que permitan un control de calidad estadístico del hormigón eficiente y efectivo.
3. Se recomienda seleccionar las herramientas adecuadas para el desarrollo de aplicaciones de escritorio es fundamental para el éxito del prototipo. Considerando factores como la facilidad de uso, la escalabilidad y las capacidades de visualización de datos al elegir las herramientas de desarrollo. Optando por herramientas que se alineen con los requisitos de la aplicación y contribuyan a un desarrollo eficiente y de alta calidad. La elección adecuada de las herramientas de desarrollo puede tener un impacto significativo en la eficiencia y el éxito general del proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- ACI Committee 214. (2014). Guide to evaluation of strength test results of concrete (ACI 214R-11). American Concrete Institute.
- Amazon Web Services. (2022). What is Python? Recuperado el 21 de marzo de 2023, de <https://aws.amazon.com/es/what-is/python/>
- C. A. Hansen, R. Arlitt, T. Eifler, & M. Deininger (2022). Design by Prototyping: Increasing Agility in Mechatronic Product, Design through Prototyping Sprints. INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE.
- COAM (2023). CONTROL ESTADÍSTICO DEL HORMIGÓN LOTES Y AMASADAS MÍNIMAS. Recuperado el 22 de marzo del 2023, de [www.coacm.es/cat-coacm](http://www.coacm.es/cat-coacm)
- Creswell, J. W. (2014). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approach. Sage publications.
- Dagnino, J. (2014). LA DISTRIBUCIÓN NORMAL. Revista chilena de anestesia, 43, 116-121.
- Definicion.de. (2020). Hormigón. Recuperado el 26 de marzo de 2023, de <https://definicion.de/hormigon/>
- Explorable (2009). Muestreo no probabilístico. Recuperado el 26 de marzo de 2023, de <https://explorable.com/es/muestreo-no-probabilistico>
- Hernández, S. (2015). Análisis de Series de Tiempo. Recuperado el 26 de marzo de 2023, de [https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/01\\_1\\_conociendo\\_una\\_serie\\_de\\_tiempo.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/01_1_conociendo_una_serie_de_tiempo.pdf)
- INE (2020). ¿Qué es población? Recuperado el 26 de marzo de 2023, de <https://www.ine.gob.cl/ine-ciudadano/definiciones-estadisticas/poblacion/que-es-poblacion>

- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). INEN al servicio de un país de calidad. Recuperado el 26 de marzo de 2023, de <https://www.normalizacion.gob.ec/inen-al-servicio-de-un-pais-de-calidad/>
- INEN 1573. (2010). Norma INEN 1573. HORMIGONES. HORMIGÓN PREPARADO EN OBRA. REQUISITOS. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN 1855-2. (2015). Norma INEN 1855-2. HORMIGONES. HORMIGÓN PREPARADO EN OBRA. REQUISITOS. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN CPE 5 parte 2. (1993). Norma INEN CPE 5 parte 2. CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN. REQUISITOS DE DISEÑO DEL HORMIGÓN ARMADO. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Kanbanize. (2022). Kanban. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <https://www.kanbanize.com/>
- LECA (2023). Programa de gestión de la calidad del Hormigón ProcalNET. Recuperado el 22 de marzo del 2023, de <http://www.leca.es/productos-leca/hormigon/calidad/programa-de-gestion-de-la-calidad-del-hormigon-procalnet/#:~:text=ProcalNET%20es%20el%20programa%20encargado,los%20diferentes%20tipos%20de%20hormig%C3%B3n.>
- Martínez C. (2020). Diseño de investigación, muestreo y métodos de recolección de datos. Recuperado el 26 de marzo de 2023, de <https://escueladedatos.online/diseno-de-investigacion-muestreo-y-metodos-de-recoleccion-de-datos/>
- MEGA (2023). Sistema De Control De Una Central De Hormigón. Recuperado el 22 de marzo del 2023, de <https://megaplantasdeconcreto.com/sistema-de-control-de-una-central-de-hormigon/>
- Microsoft. (2022). C#. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/>

- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2017). Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS. Recuperado el 21 de marzo de 2023, de <https://www.obraspublicas.gob.ec/norma-ecuatoriana-de-la-construccion-nec-se-ds/>
- Montano J. (2021). Investigación no experimental. Recuperado el 26 de marzo de 2023, de <https://www.lifeder.com/investigacion-no-experimental/>
- Oracle Corporation. (2022). Java. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <https://www.java.com/>
- Página oficial: Scrum.org. (2022). Scrum. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <https://www.scrum.org/>
- Python Software Foundation. (2022). Python. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <https://www.python.org/>
- Rojas-Henao, L., Fernández-Gómez, J., & López-Agüi, J. C. (2013). Factores de corrección para predecir la resistencia a compresión in-situ de un hormigón autocompactante. *Materiales de Construcción*, 63(312), 497-514. <https://doi.org/10.3989/mc.2013.04512>
- Salas D. (2019). Investigación bibliográfica. Recuperado el 26 de marzo de 2023, de <https://investigaliacr.com/investigacion/investigacion-bibliografica/>
- The Standard C++ Foundation. (2022). ISO C++. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <https://isocpp.org/>

## ANEXOS

---

### Anexo A: Guion de la Entrevista para la Obtención de Requerimientos Funcionales

#### Pontificia Universidad Católica del Ecuador

#### Guion para la Entrevista de Levantamiento de Requerimientos

#### Preguntas:

1. **¿Qué datos se recopilan al momento de realizar un ensayo de resistencia a la compresión del hormigón? Según una investigación realizada a la norma INEN 1573 estos son los campos que se guardan en un ensayo. ¿Hay algún campo adicional que se debería considerar?**

- Número de identificación
- Fecha de Ensayo
- Diámetro 1 (mm)
- Diámetro 2 (mm)
- Área
- Resistencia
- Edad (días)
- Carga Máxima (kN)
- Tipo de falla
- Observaciones
- Densidad

2. **Hay campos que la aplicación puede calcular de manera automática.**

- Área (mm<sup>2</sup>)
- Densidad (kN/m<sup>3</sup>)

**¿Existen otros campos de interés que se deberían calcular automáticamente?**

3. **La aplicación debería permitir la edición y eliminación de un ensayo, por si existe algún error al momento de su ingreso. ¿Es esto correcto?**

4. **Con respecto al análisis estadístico, ¿De acuerdo con lo especificado, los campos necesarios para realizar un análisis de la resistencia a la compresión del hormigón serían estos?**

- Código de Cilindro
- Proyecto
- Asentamiento (cm)
- Elemento de fundición
- Resistencia especificada (MPA)
- Fecha de moldeo
- Edad (días)
- Resistencia (MPA)

**¿Hay algún otro campo que se deba incluir en el de análisis?**

5. **Se tiene planeado realizar una curva de distribución normal para mostrar de manera gráfica la calidad estadística del hormigón, ¿Qué variables serían útiles de mostrar en el gráfico?**

---

Entrevistador: Esteban Alvear

---

Entrevistada: Ing. Patricia Querembas

Registro Senecyt: 1034-13-1227214

## Anexo B: Entrevista Realizada para la Obtención de Requerimientos Funcionales

### **Pontificia Universidad Católica del Ecuador**

#### **Entrevista para el levantamiento de requerimientos del prototipo de software**

**Fecha: Quito, 24 de marzo del 2023**

La presente entrevista se realizó a la Ing. Civil, Patricia Querembas, con el fin de obtener los requerimientos funcionales para realizar el prototipo de una aplicación de escritorio para el control estadístico de la calidad del hormigón. Se realizaron las siguientes preguntas después de una breve introducción acerca del propósito del trabajo:

**1. ¿Qué datos se recopilan al momento de realizar un ensayo de resistencia a la compresión del hormigón? Según una investigación realizada a la norma INEN 1573 estos son los campos que se guardan en un ensayo. ¿Hay algún campo adicional que se debería considerar?**

- Número de identificación
- Fecha de Ensayo
- Diámetro 1 (mm)
- Diámetro 2 (mm)
- Área
- Resistencia
- Edad (días)
- Carga Máxima (kN)
- Tipo de falla
- Observaciones
- Densidad

**Entrevistada:** Sí, además de esos deberías agregar:

- Diámetro Promedio  $(\text{Diámetro 1} + \text{Diámetro 2}) / 2$
- Volumen  $(\text{mm}^3)$
- Proyecto
- Asentamiento(cm)
- Elemento de fundición
- Resistencia especificada (MPA)

- Fecha de moldeo
- Altura
- Masa

Porque no solo necesitas algunos de estos datos para poder calcular cosas como el área, densidad, volumen. Por ejemplo, la resistencia especificada es necesaria para comparar la resistencia del hormigón obtenida en el ensayo.

**2. Hay campos que la aplicación puede calcular de manera automática.**

- Área ( $\text{mm}^2$ )
- Densidad ( $\text{kN/m}^3$ )

**¿Existen otros campos de interés que se deberían calcular automáticamente?**

**Entrevistada:** Si los siguientes campos deberían ser calculados de manera automática:

- Fecha de Ensayo (Fecha de moldeo + edad)
- Diámetro Promedio ( $(\text{Diámetro1} + \text{Diámetro 2}) / 2$ )
- Volumen ( $\text{mm}^3$ )
- Resistencia (MPA)

**3. La aplicación debería permitir la edición y eliminación de un ensayo, por si existe algún error al momento de su ingreso. ¿Es esto correcto?**

**Entrevistada:** Sí, es importante poder editar y eliminar los registros de ensayos.

**4. Con respecto al análisis estadístico, ¿De acuerdo con lo especificado, los campos necesarios para realizar un análisis de la resistencia a la compresión del hormigón serían estos?**

- Código de Cilindro
- Proyecto
- Asentamiento (cm)
- Elemento de fundición
- Resistencia especificada (MPA)
- Fecha de moldeo
- Edad (días)
- Resistencia (MPA)

**¿Hay algún otro campo que se deba incluir en el de análisis?**

**Entrevistada:** Si, debe existir una columna con el promedio de 2 ensayos, y una media móvil del promedio de cada 3 promedios anteriores. Así se especifica en las Normas INEN 1855


Extracto de la norma INEN 1855-2

- El promedio de todos los conjuntos de tres ensayos consecutivos de resistencia es igual o superior a  $f_c$  requerida.
- Ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que  $f_c$  por más de 3,5 MPa.

Además, los campos de proyecto y edad no serían necesarios al momento de presentar el análisis, porque serían todos iguales bastaría con agregarlos en una nota o algo por el estilo.

**5. Se tiene planeado realizar una curva de distribución normal para mostrar de manera gráfica la calidad estadística del hormigón, ¿Qué variables serían útiles de mostrar en el gráfico?**

**Entrevistada:** Me parece una buena propuesta, pero no estoy muy al tanto de los métodos estadísticos para realizar esto, eso si te recomiendo buscar la norma ACI 214, en ella se detalla a profundidad como se evalúa la resistencia a la compresión del hormigón.



Entrevistador: Esteban Alvear



Entrevistada: Ing. Patricia Querembas

Registro Senecyt: 1034-13-1227214

**Anexo C: Formato para la Recolección de Datos de los Ensayos de Resistencia a la Compresión del Hormigón**



#### Anexo D: Formato de Encuesta de Cumplimiento de Requerimientos Funcionales

#	Descripción	Aprobación	Observaciones
1	El prototipo muestra los ensayos realizados y permite la búsqueda por código y filtrado por campos		
2	El prototipo permite la edición de un registro		
3	El prototipo permite la eliminación de un registro		
4	El prototipo permite la generación de un reporte en pdf		
5	El prototipo presenta mensajes de confirmación en acciones irreversibles como borrar un registro		
6	El prototipo presenta mensajes de advertencia frente a acciones que alteren la integridad de la base de datos, como intentar agregar un registro con código duplicado		
7	El prototipo muestra los ensayos existentes y permite filtrarlos para realizar el análisis		
8	El prototipo presenta una curva de distribución normal debidamente señalada		
9	El prototipo permite guardar los reportes en cualquier carpeta que desee el usuario		

## Anexo E: Encuesta de Cumplimiento de Requerimientos Funcionales

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

### Encuesta de Cumplimiento de Requerimientos Funcionales del Prototipo para el Control Estadístico de la Calidad del Hormigón

#	Descripción	Aprobación	Observaciones
1	El prototipo muestra los ensayos realizados y permite la búsqueda por código y filtrado por campos	✓	
2	El prototipo permite la edición de un registro	✓	
3	El prototipo permite la eliminación de un registro	✓	
4	El prototipo permite la generación de un reporte en pdf	✓	
5	El prototipo presenta mensajes de confirmación en acciones irreversibles como borrar un registro	✓	
6	El prototipo presenta mensajes de advertencia frente a acciones que alteren la integridad de la base de datos, como intentar agregar un registro con código duplicado	✓	
7	El prototipo muestra los ensayos existentes y permite filtrarlos para realizar el análisis	✓	
8	El prototipo presenta una curva de distribución normal debidamente señalada	✓	
9	El prototipo permite guardar los reportes en cualquier carpeta que desee el usuario	✓	

Comentarios:

*El prototipo cumple con los requerimientos necesarios para el control de calidad de hormigones, es una herramienta versátil q' debe seguir perfeccionándose.*

Nombre: Patricia Querembas

C.I: 1002870150

## Anexo F: Presentación del Primer Prototipo vía Zoom

The screenshot shows a Zoom meeting window with a software application displayed. The application has a sidebar on the left with filters and a main area with a table of test results.

**FECHA DE MOLDEO**

DESDE: 2000/01/01  
HASTA: 2023/01/01

PROYECTO: PROYECTO A

ESPECIFICACION(MPA): 13.72

EDAD(DIAS): 7

Nº de Gráficas: 1

**FILTRAR**

**ENSAYOS A ANALIZAR**

	CODIGO DE CILINDRO	PROYECTO	ELEMENTO DE FUNDICION	FECHA DE MO
1	CIL1	PROYECTO A	Replantillo Losa de Cimentacion	2021-07-16
2	CIL3	PROYECTO A	Replantillo Losa de Cimentacion	2021-07-16
3	CIL5	PROYECTO A	Replantillo Losa de Cimentacion	2021-07-31
4	CIL6	PROYECTO A	Replantillo Losa de Cimentacion	2021-07-31
5	CIL83	PROYECTO A	Replantillo Captacion	2021-08-30
6	CIL81	PROYECTO A	Replantillo Captacion	2021-08-30
7	CIL88	PROYECTO A	Replantillo Captacion	2021-09-01
8	CIL86	PROYECTO A	Replantillo Captacion	2021-09-01
9	CIL23AA	PROYECTO A	Replantillo Tanque planta de tratamiento	2021-11-13
10	CIL15AA	PROYECTO A	Replantillo Tanque planta de tratamiento	2021-11-13
11	CIL75AA	PROYECTO A	Replantillo distribuidor de caudales	2022-01-29

**Se encontraron 18 ensayos** **ANALIZAR**

Participants: Esteban Alvear (Yo), Patricia Querembas

Invitar