PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

"DESCRIPCIÓN DE LOS CRITERIOS ESTRUCTURALES PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DEL TEATRO CAPITOL"

SASKYA ALEJANDRA ARGOTI VINUEZA

DIRECTOR: ING. HÉCTOR CAJAS

QUITO, 2012

DEDICATORIA

La culminación de mi trabajo dedico a mi abuelito Juan Vinueza a quien quiero con todo mi corazón y a mi abuelita Judith Hidrobo quien siempre estará en mis recuerdos y pensamientos.

AGRADECIMIENTOS

A mi padre Oscar Argoti por dedicar parte de su tiempo y brindarme su ayuda con mi trabajo de fin de carrera, a mi madre María del Carmen Vinueza por animarme en momentos cuando pensaba que todo estaba perdido, gracias a ustedes que me ensañaron que con esfuerzo se logran grandes metas y a que siempre debo afrontar las dificultades sin desfallecer ni darme por vencida, esto es para ustedes.

A mi hermana Nataly Argoti por demostrarme que cuando uno es constante y prolijo en cada acción se consiguen excelentes resultados.

A Wilson Navas quien con su cariño y comprensión en buenos y malos momentos supo acompañarme y apoyarme para alcanzar una meta más en mi vida, además por su paciencia durante este tiempo.

Agradezco al Ing. Héctor Cajas, Ing. Pablo Torres e Ing. Estuardo Páez quienes dedicaron su tiempo e hicieron posible que culminara con éxito mi trabajo.

Agradezco infinitamente a todos mis profesores de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Civil quienes formaron parte de este proceso de formación.

A mis amigos y amigas Diana Cedeño, Estefanía Romero, Fabián Almeida, César Mafla, Gustavo Peñafiel, con quienes compartí momentos inolvidables y por brindarme su amistad incondicional.

ÍNDICE

Pàg.

RESUMEN……...VIII

CAPÍTULO 1…….....001

GENERALIDADES…….…001

1.1. Introducción……....001

1.2. Objetivo y Alcance……..002

1.3. Centro histórico de Quito, Patrimonio Cultural de la Humanidad y Capital Americana de la Cultura 2011…….003

1.4. Historia del Teatro Capitol……..…008

CAPÍTULO 2.....014

AJUSTES Y COMPATIBILIDAD DE LA ESTRUCTURA……...014

2.1. Generales…….014

2.2. Justificación de la intervención……...014

2.3. Estado Anterior……...015

2.3.1. Planta Baja……...…016

2.3.2. Primera Planta Alta…….017

2.3.3. Segunda Planta Alta……019

2.3.4. Tercera Planta Alta…….…020

2.4. Propuesta...……..022

2.4.1. Subsuelo y Planta Baja……...025

2.4.2. Primera Planta Alta…….....027

2.4.3. Segunda Planta Alta……....028

2.4.4. Tercera Planta Alta…….028

2.4.5. Nivel Galería……...029

2.5. Evaluación del estado actual y compatibilidad de la estructura……..030

2.5.1. Patologías. (Observación y evaluación visual del grado de afectación de los elementos (muros y pisos) por efecto del uso del Teatro Capitol)……...031

2.5.2. Estudios de suelos. (Cateos para establecer existencia y tipos de cimentación)…….…….037

2.5.3. Resistencias. (Ensayos no destructivos)…….……....040

CAPÍTULO 3.....044
EL PROYECTO ESTRUCTURAL…….....044
3.1. Criterios Básicos para la estructuración……..…044
3.2. Estructuración de la superestructura……...045
3.2.1. Sección 1…….045
3.2.1.1. Nivel del Subsuelo……..…046
3.2.1.2. Nivel Planta Baja…….....046
3.2.1.3. Nivel de Plantas Altas…….047
3.2.2. Sección 2…….051
3.2.2.1. Platea y palcos…….051
3.3. Estructuración de la infraestructura…….053
3.3.1. Sección 1…….053
3.3.2. Sección 2…….053
3.4. Hipótesis de cargas y solicitaciones……....053
3.5. Análisis y Diseño Estructural del Reforzamiento (Comprobación y Evaluación…….……..056
3.5.1. Cimentación……....056
3.5.2. Superestructura…….……..061
3.5.3. Sistema de la cubierta……...…..068

CAPÍTULO 4……....069
PROCESO DE INTERVENCIÓN…….……069
4.1. Etapas……..……069
4.1.1. Liberaciones……..…...070
4.1.1.1. Arquitectónicas……..…….070
4.1.1.2. Estructurales……...…….074
4.1.2. Consolidaciones……..……..…079
4.1.2.1. Inyecciones……..……...079
4.1.2.2. Calzados……...……...083
4.1.2.3. Descosidos y Cocidos……...……..…084
4.1.3. Reforzamiento……..086

4.1.3.1. Cimentaciones…….086
4.1.3.2. Vigas…….…..……091

4.1.3.3. Columnas……095
4.1.3.4. Losas…….……...…...097

CAPÍTULO 5…….....…..101
5.1. Conclusiones……..…...…..101
5.2. Recomendaciones……..…..……...…..102

BIBLIOGRAFÍA……...…103

RESUMEN

Las edificaciones Patrimoniales representan un reto muy particular para la ingeniería ya que los procesos y técnicas constructivas aplicadas tanto para la rehabilitación integral, el diseño, la construcción, la consolidación y el reforzamiento estructural son totalmente diferentes a las consideradas en una obra nueva, buena parte de estos procesos se encuentran todavía en una fase de exploración o de empirismo. En muchos de los casos, la condición de Patrimonio limita la intervención ingenieril con los métodos comunes a los edificios modernos.

Este trabajo considero es una guía para los procesos de recuperación, rehabilitación integral, reforzamiento estructural y consolidación que deberán efectuarse en un bien Patrimonial, siendo un ejemplo el efectuado en el Teatro Capitol, debo manifestar que en Teatro Capitol se ha finiquitado las Etapas I y II del total del proceso de rehabilitación integral faltando posiblemente la etapa III y IV, con lo cual se le devolverá su actividad principal de Teatro.

Para la Rehabilitación Integral del Teatro Capitol fue necesario realizar una serie de trabajos previos para su intervención como son:

Conocer algunas de sus características, sus generalidades, el origen de la edificación, su uso, época de construcción, estilo arquitectónico, sistemas constructivos, materiales utilizados y cuáles han sido los cambios que ha tenido hasta el día de hoy.

Después se determina el estado del bien Patrimonial y su estructura a la fecha de intervención, a través de estudios patológicos, estudios de suelos, estudios de las resistencias de los elementos estructurales que nos servirán tanto para el análisis como para los criterios de evaluación de su vulnerabilidad.

Posteriormente se conocerá la nueva propuesta, donde el proyecto es ajustado sobre los ambientes preexistentes y se configuran los nuevos espacios, para lo que se ejecutó el estudio del reforzamiento estructural, en el que se hizo una evaluación y comprobación del sistema estructural utilizando el programa SAP2000.

Finalmente se dan a conocer los procesos de intervención los cuales se desarrollan en etapas bien diferenciadas entre sí de acuerdo a la naturaleza de los trabajos.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo ha sido desarrollado basándose en el conocimiento de que la ciudad de Quito, fue declarada por la UNESCO el 18 de septiembre de 1978, junto al centro histórico de Cracovia en Polonia, como Primer Patrimonio Cultural de la Humanidad, al poseer una arquitectura de estilo colonial y tener el centro histórico más grande y mejor conservado de Latinoamérica, donde alberga iglesias, capillas, monasterios, teatros, edificaciones construidos entre los siglos XVI y XIX.

Estas edificaciones Patrimoniales son no convencionales ni actuales lo que implica que los procesos de recuperación, reforzamiento estructural, consolidación y rehabilitación, así como los procesos y técnicas constructivas aplicadas tanto para la rehabilitación integral, el diseño, la consolidación, la construcción y el reforzamiento estructural, son totalmente diferentes a las consideradas en una obra nueva.

Por tanto la rehabilitación integral de bienes Patrimoniales son conceptos desconocidos para muchos profesionales de la ingeniería civil por los procesos y criterios que se encuentran inmersos en este tema, los cuales se adoptan al momento de rehabilitar una edificación Patrimonial.

La presente investigación detallará los trabajos que son necesarios para realizar la rehabilitación integral de un bien Patrimonial como el Teatro Capitol, donde se llevaron a cabo tres procesos secuenciales:

- El primero nos permite conocer el origen de la edificación, su uso, época de construcción, estilo arquitectónico al que pertenece, sistemas constructivos y materiales utilizados.

- El segundo proceso permite determinar el estado de la edificación a la fecha de intervención, a través de estudios patológicos, estudios de suelos, resistencias de los elementos estructurales que permiten conocer el estado en que se encuentra el bien Patrimonial y su estructura.

- El tercer proceso contempla la implementación de la nueva propuesta considerando su nuevo uso y aforo, ajustando el proyecto sobre los ambientes preexistentes y configurando los nuevos espacios, ejecutando el reforzamiento estructural, consolidación y rehabilitación integral del bien Patrimonial, para lo que se utilizarán técnicas constructivas propias e inherentes a la recuperación de un bien Patrimonial.

Para llevar adelante esta investigación se aplicarán varios métodos de Investigación como son los métodos dialecticos, analíticos, sistemáticos e históricos que darán a conocer a través de los diferentes capítulos los Criterios Estructurales para el Reforzamiento Estructural del Teatro Capitol.

1.2. OBJETIVO Y ALCANCE

El objetivo por el cual se realiza esta investigación es desarrollar una herramienta que permita a los profesionales de ingeniería civil ampliar sus conocimientos y conocer los criterios estructurales considerados en el reforzamiento estructural y consolidación del Teatro Capitol, un bien Patrimonial, así como los trabajos de rehabilitación integral del mismo.

Al tratarse de un bien Patrimonial, el Teatro Capitol construido alrededor del año 1933, no ha recibido ningún tipo de mantenimiento ni mejoramiento, fue elegido dentro de los proyectos del Instituto Metropolitano de Patrimonio, ex-FONSAL, Fondo de Salvamento, para que se realicen estudios que permitan reaccionar de manera inmediata para realizar trabajos de reforzamiento estructural, consolidación además de aplicar técnicas constructivas que permitan una Rehabilitación Integral del teatro para devolverle a esta edificación en condiciones óptimas una vez que se concluyan todos y cada uno de los procedimientos que se utilizan para la recuperación de un bien Patrimonial.

1.3. CENTRO HISTÓRICO DE QUITO, "PATRIMONIO CULTURAL DE LA HUMANIDAD" Y "CAPITAL AMERICANA DE LA CULTURA 2011"

San Francisco de Quito ubicada en las faldas orientales del volcán Pichincha con una topografía accidentada y rodeada de valles hace que desde sus inicios fuera un punto de confluencia comercial, ceremonial de los pueblos indígenas, convirtiéndose a inicios del siglo XVI en uno de los centros administrativos del Imperio Inca.

Viendo todo este potencial, los españoles aprovecharon para dar inicio a su conquista y establecer La Real Audiencia (1563-1822), el máximo tribunal de la Corona española con jurisdicción sobre los territorios de la Provincia o Presidencia de Quito, y que datan precisamente de esa época edificaciones como el cementerio de San Diego, Barrio La Ronda, Iglesia de Santo Domingo, Iglesia y Monasterio de la Concepción, Iglesia de la Compañía de Jesús, Iglesia de Santa Bárbara, Palacio de Carondelet, edificio Pérez Pallares (IMP), el Teatro Nacional Sucre, entre otros, dentro de los cuales se considera los de mayor relevancia los siguientes:

La iglesia de San Francisco, inició su construcción en 1536, en terrenos aledaños a la plaza donde los indígenas realizaban los trueques de productos. La obra estuvo a cargo del franciscano flamenco Jodoco Rique. La iglesia, concluida hacia 1580, es el resultado de influencias mudéjares, manieristas[1] y barrocas[2].

El convento de San Agustín construido en 1573, por la orden religiosa de San Agustín. La iglesia está ubicada entre las calles Guayaquil y Chile. En 1868 el templo sufrió daños en su estructura arquitectónica por causa de un terremoto pero fue reconstruido en 1880.

[1] Por manierismo se conoce un estilo artístico caracterizado por la tensión deliberada, la subjetividad y el artificio ingenioso, que se difundió en toda Europa durante el transcurso del siglo XVI.

[2] El Término Barroco, procedente de Italia, encarnó el espíritu de la Contrarreforma. Se trata fundamentalmente de un estilo decorativo de formas recargadas, elaboradas y caprichosas.

El convento de La Inmaculada Concepción el más antiguo de la ciudad, fundado el 13 de enero de 1577, perteneciente a la orden franciscana, es considerado como uno de los más antiguos de la ciudad de Quito y resalta por su amplio espacio e instalaciones.

La iglesia de La Merced data del siglo XVI. Sin embargo, la estructura original tuvo que ser modificada y reconstruida en el siglo XVIII, ya que los terremotos habían causado graves daños en la edificación del templo.

La iglesia de Santo Domingo de estilo plateresco[3] y mudéjar[4], data del siglo XVI. En el interior del templo se encuentran valiosas estructuras, como el altar mayor neogótico[5], que fue colocado a finales del siglo XIX por dominicos italianos.

La Iglesia de la Compañía inicio su construcción en 1605 demoró 160 años en ser edificada. Esta fue hecha por indígenas que cuidadosamente plasmaron el estilo barroco y finalizó en 1765, con la construcción de la fachada.

Estas son algunas de las edificaciones que se conservan hasta hoy, junto a otras edificaciones monumentales que constan en el inventario municipal de bienes patrimoniales situadas en el centro histórico de Quito, el espacio de mayor importancia simbólica de la nación ecuatoriana, ubicada en el centro sur de la capital sobre una superficie de trescientas veinte hectáreas, alrededor de 4km^2 desde el parque La Alameda hasta el cementerio de San Diego.

[3] Plateresco estilo arquitectónico desarrollado en España en el s. XVI, de carácter híbrido y gran fastuosidad, a cuya formación contribuyeron elementos renacentistas italianos, góticos preciosistas, temas de arte popular, las innovaciones constructivas de la época y posiblemente el esplendor de la orfebrería.

[4] Mudéjar estilo arquitectónico desarrollado en la España cristiana medieval que funde caracteres románicos o góticos con elementos decorativos propios del arte islámico.

[5] Estilo neogótico se refiere al movimiento peyorativo, consistente en la arquitectura realizada a imitación de la gótica medieval. Es un estilo vinculado con el romanticismo, y por sus implicaciones políticas, con el nacionalismo.



Fotografía 1: Delimitación del área que comprende el centro histórico de Quito.



Fotografía 2: Vista panorámica del centro histórico de Quito.

Posteriormente se viene el proceso de independencia en el que la ciudad de Quito se convierte en la capital de la república, esto hace que se siga manteniendo ese proceso de crecimiento de centralización del gobierno y por ende de la cultura, a partir de entonces esta población construida en estilo colonial español[6], sufrió algunas modificaciones sobre todo en el período presidencial de Gabriel García Moreno, quien en 1870, ordenó la construcción de nuevos edificios con estilos neoclásicos[7], como es el Palacio Arzobispal.

Es así como se empiezan a construir edificaciones que por su diseño arquitectónico, su tipo de construcción, su ubicación en el centro histórico de Quito, se han constituido parte del Patrimonio de la ciudad además de ser un aporte tanto al ornato como a la cultura.

Con el traslado de la residencia de los habitantes del centro hacia nuevos lugares en el norte, a partir de 1930, empezó el deterioro de este maravilloso espacio, lo que hizo que muchas de las edificaciones del centro histórico quedaran abandonadas para ser posteriormente habitadas por pobladores pobres y migrantes del campo lo que hizo que poco a poco el aspecto de casas, calles, veredas, parques, etc., cambien y se deterioren por ser invadidas muchas de ellas por el comercio informal.

Luego empezó su recuperación y rehabilitación exitosa gracias a un programa que inició el Fondo de Salvamento del Patrimonio Cultural creado mediante la ley # 82 de 8 de diciembre de 1987, cuyo fin es restaurar, conservar y proteger los bienes históricos, artísticos, religiosos y culturales de la ciudad de Quito, permitiendo devolver a este lugar maravilloso su esplendor de años pasados y mantener la designación como el Primer Patrimonio Cultural de la Humanidad.

Así mismo Quito tomó la posta de Santo Domingo (República Dominicana) como Capital Americana de la Cultura 2011 declarada por el Buró Internacional de Capitales Culturales (IBOCC), Javier Tudela, esta designación se hizo oficial el mismo día en que Quito celebraba su 32 aniversario de declaración como Patrimonio Cultural de la Humanidad por

[6] Estilo colonial español: Estilo de arquitectura y decoración de las colonias españolas en América adaptado a las demandas y materiales locales.

[7] El neoclasicismo fue un estilo inspirado e imitador de la antigüedad clásica, de ahí los temas históricos y mitológicos. Abundan los desnudos al estilo griego y las poses grandilocuentes y frías, muy estudiadas y académicas.

la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco).

Esta nominación le permitirá exhibir, a través de un sin número de actividades durante este año, todos sus encantos como ciudad histórica, mestiza y vibrante.

Tudela, anticipó que la designación le significará a Quito la promoción con más de 3.000 anuncios a través de los canales Antena 3 y el grupo Discovery Channel, que llegarán a millones de personas para que el mundo conozca o reconozca lo que es Quito.

Es por eso que plazas, teatros, centros culturales, entre otros espacios, se inundarán de un gran despliegue de eventos, y podrán en evidencia toda la riqueza cultural que guarda cada rincón de la capital, con lo que se desarrollará el proyecto de elección y promoción de los siete tesoros de patrimonio cultural y material de Quito para convertirlos en ventanas de promoción de la ciudad.

A través de la historia, Quito ha sido anfitriona de caminantes, adoradores, científicos, guerreros, arquitectos, emperadores y un sin número de grandes hombres y mujeres que conocían el valor de la tierra, también por ser cuna de la mezcla milenaria de pueblos y culturas que hicieron de esta ciudad un sitio único y que en la actualidad atesora cuatro siglos de memoria, encuentros de conciencia y rebeldía, de creación y fe, de arte y conocimiento ancestral, de vida, tesón y esperanza, para contribuir al desarrollo de la metrópoli estratégicamente ubicada en el centro mismo del planeta.

De ahí que ser la Capital Americana de la Cultura, se convirtió en el reto principal lograr que los propios habitantes de la ciudad se apropien y empoderen de este proyecto. "La capital cultural tiene que ser sentida, vibrada, participada por todos los ciudadanos", ya que no es solo un título, es el mérito de todas aquellas generaciones que hicieron de la ciudad el tesoro cultural en el que se ha convertido.

Para que esta designación como Capital Americana de la Cultura 2011 tenga éxito, se tiene que marcar un antes y un después en la vida colectiva de la ciudad y por extensión, del

país, al reiterar que con la designación se pretende que Quito sea el "referente cultural de las Américas".

1.4. HISTORIA DEL TEATRO CAPITOL

El Teatro Capitol comienza su historia como un sitio de importancia en la ciudad de Quito a inicios del siglo XX, cuando esta fue la Plaza de Toros denominada “Guangacalle” en las afueras de la ciudad de Quito de ese entonces, el nombre con el que fue bautizado este nuevo escenario viene del quichua y significa "calle de los gallinazos".

Cronológicamente es el segundo coso taurino con que cuenta la capital y al igual que el primero, la “Plaza Larrea” que fue inaugurado siete años antes y del que se conoce muy poco, la Plaza Guangacalle abrió sus puertas el 11 de junio de 1905, fue levantada en las afueras de la ciudad, en la avenida Gran Colombia, antes llamada calle Chili (seguramente en honor al escultor Manuel Chili) alejado del centro y dispuesta para la organización de las primeras temporadas taurinas que recogen la historia de los toros.

El diseño arquitectónico de la flamante plaza de toros tenía un admirable parecido con la plaza de Aranjuez, conforme una antigua fotografía en poder de la familia Delgado, y tenía capacidad para hasta 1500 personas.

El empresario, señor Lorenzo Gortaire Viteri, quien presentaba corridas de toros casi todos los domingos, en los cuales el periodista Ben Alí escribía artículos orientadores respecto a la Fiesta Brava e informaba del movimiento taurino de Quito.

En 1910, se construye en el lugar donde estaba ubicada la Plaza de Toros, el Palacio Samaniego, localizado al frente del parque de La Alameda, construido en una época en la que las familias de clase socioeconómica alta construían palacios y villas en estilos historicistas y ecléctico[8], Giacomo Radiconcini, un exponente de la arquitectura italiana en Quito de la primera mitad del siglo XX, construyó el Palacio Samaniego utilizando un

[8] El historicismo, también denominado romanticismo, desarrollado principalmente en el siglo XIX y principios del XX, Se trataba de imitar estilos arquitectónicos de otras épocas incorporándole algunas características culturales de ese siglo mientras que la arquitectura ecléctica se basa en la combinación de elementos de distintas épocas y estilos, creando un ambiente exitoso estéticamente.

estilo neo-renacentista[9], estilo llamado también “italianizante” da prioridad a la fachada, la cual dio siempre la imagen al inmueble.

Posteriormente, en 1933, la familia Cadena realizó una intervención en la que El Palacio Samaniego se convirtió en Teatro con la ayuda del arquitecto Antonio Russo, conocido en nuestra ciudad como uno de los primeros innovadores del hormigón y como pionero en conceptos de modulación funcional y constructiva además de ser uno de los arquitectos extranjeros que definieron el paisaje urbanístico de Quito de los años 30; e inaugurándose como Teatro Cadena en 1937, para finalmente ser denominado Teatro Capitol como se lo conoce hasta hoy.



Fotografía 3: Fachada frontal del Teatro Capitol (avenida Gran Colombia).

[9] El estilo Neorrenacimiento, Neorrenacentismo o Neo-Renacimiento, que se dio en el siglo XIX, tiene contornos imprecisos: ni neogótico, ni neoclásico, sino que imita y tiene su fuente de inspiración en las formas renacentistas y es contemporáneo al neobarroco.

El Teatro Capitol, una edificación construida en: adobe, ladrillo, hierro y madera, se desarrolla en diferentes áreas como son: un nivel de acceso exterior, un cuerpo central y tres pisos altos en donde se encuentran ubicadas las antiguas galerías altas del teatro, además un mezzanine ubicado en el extremo lateral del hall de acceso principal; la planta baja consta de tres arcos y la planta alta por arquitrabe sobre columnas dóricas, que están agrupadas de a dos y delimitan los balcones con balaustrada de moriscos, espacios que se vinculan visual y físicamente al entorno.

En la parte superior se visualiza una cornisa, la que lleva el nombre del teatro, en bajo relieve se distingue en un plano superior la cubierta más elevada de la sala.

La fachada se desarrolla geométricamente en dos sectores, tanto en sentido horizontal como vertical, siendo notable el uso de elementos decorativos de diferentes estilos, como puertas Art-Nouveau[10] hasta capiteles corintios.

Ingresando por cualquiera de la tres puertas principales se accede a un espacio semi-abierto, lo que permite tener una segunda fachada, tanto en planta baja como en planta alta y rematando con un frontispicio curvo en la última planta superior.

[10] El art nouveau (arte nuevo) es un movimiento artístico que surge a fines del siglo XIX y se proyecta hasta las primeras décadas del siglo XX. Se caracteriza porque se adapta a las circunstancias de la vida moderna, utilizando flores, hojas y la figura femenina.



Fotografía 4: Interior del Teatro Capitol, graderíos frontales al escenario.

Posteriormente se ingresa al hall principal el cual relaciona la platea principal del teatro y el espacio exterior de acceso peatonal, asimismo lateralmente están ubicados dos corredores laterales, el corredor sur fue sin duda en décadas pasadas el más lujoso y elegante, ya que no sólo era el mejor decorado y más amplio, sino que comunicaba mediante una escalera privada este amplio corredor con el salón principal que se encuentra en el primer piso alto. En cambio el hall principal norte accedía a una batería sanitaria y por la parte posterior a este espacio está otro corredor, mucho más pequeño e incomodo, el que termina en un bloque de gradas por donde se puede llegar hasta las galerías más altas, que fueron las más baratas, estableciendo de esta manera una clara diferencia entre lo que era para el pueblo quiteño y lo que era para la clase alta, los cuales nunca llegaban a cruzarse.

Con la presencia de dos arquitectos como Giacomo Radiconcini y Antonio Russo se puede observar una mezcla de dos estilos claramente marcados en el Teatro Capitol. La parte anterior del edificio (la más cercana a la calle Gran Colombia), se caracteriza por estar apoyada a través de muros portantes y contrapisos de madera además de la fachada y

contra-fachada que son ornamentados. Por el contrario, todo el gran espacio de la platea y las galerías es muy modernista, despojado de ornamentos, trabajado modularmente y mediante un uso generalizado de elementos estructurales de hormigón, incluso la utilización de curvas muy sutiles en los extremos laterales de las galerías superiores.

La inauguración del Teatro Capitol el 19 de junio de 1937, constituyó uno de los mayores eventos culturales de la época, evidenciándose esto en los anuncios publicados en los periódico de ese tiempo, como el aparecido en el diario "El Comercio" que anunciaba el 9 de mayo de 1937, que la inauguración del teatro será el "acontecimiento cumbre del año".

Previo a su inauguración la empresa del Teatro anuncia a su público la obtención de la exclusividad con las casas cinematográficas METRO-GOLDWIN-MAYER y COLUMBIA PICTURES, además de otras casas europeas y americanas, con lo que el Teatro Capitol logra una importante ventaja desde su inauguración.

La sociedad de Teatros y Cinemas Cadena Cia. Ltda., dueña del Teatro Capitol anuncia que presentará en su estreno la opereta de la MGM "Primavera", título original Maytime, incluyendo en su invitación un cablegrama (y su traducción al español) en el cual Jeannette MacDonald y Nelson Eddy, protagonistas de "Primavera" desde los Ángeles felicitan al Teatro Capitol por su próxima inauguración.

Otro dato interesante que se comunica en los anuncios de la inauguración es el precio de las entradas para: Palco 4.00, Luneta 3.00 y Galería 0.60 sucres. Los que difieren de los precios para la presentación vermouth de la Sombra del Hampa: Palco 1,50; Luneta 1,20; Media Luneta 0,80 y Galería 0,30 sucres.

La inauguración se llevó sin mayor contrariedad y su éxito se reflejó en los artículos publicados por El Comercio el lunes 21 de junio siguiente. El artículo escrito por Ben Turpin señala la concurrida asistencia incluyendo la del Jefe de Estado y Representantes del Cuerpo Diplomático y Consular. El artículo califica al teatro como "moderno coliseo de exhibiciones cinematográficas" y parte del progreso urbanístico y la modernización de la ciudad.

El Teatro Capitol conmemoró su primer aniversario de inauguración con la exhibición de la película “Luciérnaga”, protagonizada por Jeannette MacDonald, quien fue también estrella de “Primavera” en la inauguración del teatro.

En las décadas siguientes, con la creación de numerosos teatros y cines en la ciudad, la importancia del Teatro Capitol fue decreciendo. Habiendo pasado por varios propietarios desde la sociedad de Teatros y Cinemas Cadena Cia. Ltda que fue liquidada y el teatro pasó a ser propiedad del Sr. Galo Cadena Vásconez el 29 de septiembre de 1976, ante el Notario doctor Ulpiano Gaybor. Luego, en 1996, falleció el Sr. Cadena y de acuerdo a su testamento, su esposa la Sra. Cecilia Borja Holguín se convierte en la heredera de la propiedad. La Sra. Holguín procede a vender el teatro a la Iglesia Universal del Reino de Dios el 8 de diciembre de 1999, mediante escritura legalizada ante el Notario público doctor Ángel Ramiro Barragán, siendo esta la causa del cese de las exhibiciones cinematográficas en el Teatro Capitol, con lo que el inmueble y sus instalaciones tuvieron que ser adaptadas y readecuadas para este nuevo propósito, lo mismo que produjo el deterioro abandono cuando la iglesia funcionaba.

En el año 2006, el FONSAL, Fondo de Salvamento, ahora Instituto Metropolitano del Patrimonio, adquirió está propiedad con la finalidad de restaurarlo y no permitir que un legado y un bien Patrimonial se pierda.

CAPÍTULO 2

AJUSTES Y COMPATIBILIDAD DE LA ESTRUCTURA

2.1. GENERALES

A continuación se indicará el estado de la edificación antes de la intervención, y del mismo modo se conocerá la nueva propuesta a la que se deberá adaptar el inmueble e instalaciones para el nuevo propósito.

Considerando el estado en que se encuentre el Teatro Capitol se aplicará el reforzamiento estructural, una de las labores más complejas y exigentes para los profesionales que se dedican a realizar este tipo de trabajos.

Esta complejidad, y por qué no decirlo, dificultad, surge de las especiales condiciones que reviste intervenir en la estructura de un edificio o construcción existente. Siguiendo en esta dirección, debe tenerse en cuenta que los procedimientos empleados, aunque basados en la resistencia de materiales, no son habituales y generalmente no están específicamente descritos en la normativa vigente de construcción.

2.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INTERVENCIÓN

Con una inversión que supera los 232 millones de dólares, el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, en el marco de su política de recuperar los bienes catalogados como Patrimoniales que se encuentran inmersos en el inventario de edificaciones protegidas y velar por el mejoramiento de la imagen urbana de esta ciudad, decidió a través del Instituto Metropolitano de Patrimonio (ex-FONSAL), elaborar un programa de rescate en el que se centraron 9 ejes: urbano, arquitectura monumental religiosa, monumental civil, arquitectura menor, bienes muebles, arqueología, patrimonio intangible, difusión de Patrimonio y obras de emergencia.

El proyecto para la REHABILITACIÓN INTEGRAL DEL TEATRO CAPITOL se encuentra inmerso dentro del PLAN OPERATIVO ANUAL de la institución desde el año 2008, considerado dentro del PROGRAMA DE ARQUITECTURA MONUMENTAL CIVIL. La edificación es parte del inventario de inmuebles que constan en el Plan Maestro de Rehabilitación de áreas Históricas de Quito.

El proyecto se desarrolla dentro de las políticas y programas del Plan Estratégico Quito Hacia el siglo 2025, programa de Desarrollo Turístico, la política de intervención es Promover la ciudad, el Distrito y la Región como destinos turísticos de calidad en los principales mercados nacionales e internacionales, e impulsar la ampliación, el mejoramiento y modernización de la infraestructura turística.

2.3. ESTADO ANTERIOR

La fachada exterior es la que se conserva hasta el día de hoy a diferencia de su interior que fue alterado en su forma original sufriendo alteraciones constructivas como añadidos para formar nuevos ambientes, apertura de vanos, retiro de instalaciones, etc., con el objeto de adaptar espacios y sitios a ser usados como: bar, cafetería, sala de culto, locales comerciales, entre otros; además para dar capacidad a la presentación de compañías de ballet, comedia, teatro se acondicionaron en la parte lateral del escenario camerinos para los artistas.

En el año 2007, se presento una estación invernal severa, con varios días continuos de lluvias con alta pluviosidad, por lo que se produjeron constantes filtraciones de agua lluvia en el terreno posterior al proyecto que se encuentra baldío, el talud se saturó de humedad, produciendo el colapso y desmoronamiento parcial del muro posterior, con el que se perdió parte del escenario de la sala de cine y el resto de áreas adicionadas, por lo que el Instituto Metropolitano de Patrimonio (ex-Fonsal) realizó intervenciones urgentes para proteger la estabilidad de la estructura, siendo estas el apuntalamiento del muro de la boca del escenario con piezas de madera colocadas en ángulo contra el terreno del talud para resistir las fuerzas de empuje, también se colocó una cubierta provisional que impidió la filtración del agua con lo que se evitó el deterioro de la estructura edificada e impidió el continuo desmoronamiento del talud de tierra.

2.3.1. PLANTA BAJA (Nivel ± 0.00)

En este nivel se encuentra el hall de ingreso principal de la edificación desde la calle Gran Colombia, cuenta con dos accesos peatonales laterales adicionales, desde los cuales se desarrollan gradas hacia los niveles superiores, llegando directamente hasta la galería por el costado norte, y al salón principal con su mezanine desde el acceso sur.

El hall de acceso principal permite el ingreso al área del Foyer y a la Platea, encontrándose en esta área de transición hacia los costados, escaleras interiores que conducen a los palcos de los niveles superiores; cada acceso lateral cuenta con baterías sanitarias hacia los costados y al extremo, contando adicionalmente el acceso norte con un entrepiso utilizado como salón en el nivel 3,60 m.

El hall de acceso principal y el Foyer no han sufrido alteraciones arquitectónicas ni estructurales representativas, sin embargo han tenido una serie de sustituciones en cuanto nos referimos a elementos ornamentales como son las puertas, las que al ser cambiadas por puertas de madera nuevas perdieron varias molduras, decoraciones y dinteles.

La platea tiene dos rampas que conducen cada una a la boca del escenario y distribuyen los graderíos tanto en la parte media como lateral, estos graderíos con la presencia de la logia de lo iglesia fueron modificados de sus niveles originales sustituyéndose por un graderío fundido de hormigón recubierto con cerámica.

El pórtico del escenario constituido de hormigón armado con mampostería de ladrillo, da cabida al escenario que tiene una boca de 13 metros de ancho por 10 metros de altura, interiormente ha variado varias veces el nivel del escenario al pasar el tiempo de acuerdo a los usos y utilidades prestados hasta finalmente quedar al mismo nivel de la platea, esta variación de nivel del escenario produjo cambios de la isóptica[11] original del teatro, siendo esta la causa para reducir algunas zonas y poder eliminar estos puntos ciegos del teatro en la nueva propuesta de utilización.

[11] La isóptica son las visuales de las personas que están sentadas, de tal manera que no se tapen unos con otros, se vea siempre el escenario y eso relacionarlo con un espacio.



Fotografía 5: Ingreso a la platea desde el foyer y distribución de graderíos.

2.3.2. PRIMERA PLANTA ALTA (NIVEL +5.85)

En este nivel se encuentra el Salón Principal del Teatro con un área aproximada de 217 m2 que se desarrollan en toda el área del Foyer, el mismo tiene un entrepiso de vigas de madera recubiertas de duelas. En este salón existen decoraciones de yeso doradas (guirnaldas) y una serie de espejos en varios vanos de las paredes.

Medio nivel bajo de esta planta y hacia la platea se encuentra el primer nivel de palcos que se desarrollan hacia el frente y costados del escenario, el mismo se encuentra figurado con una estructura secundaria de madera con recubrimiento de duelas de madera, toda la estructura de este nivel de palcos es de hormigón armado con un antepecho de hormigón, de aproximadamente 70 cm de altura y pasamanos de tubería de hierro galvanizado.
El salón principal tiene doble altura hasta el nivel 12,38, presentándose la planta del segundo nivel +9.18 metros solamente como un mezzanine conformado por volados en

cantiléver de 1.20 metros, los mismos que forman un corredor perimetral alrededor del salón y se apoyan mediante un sistema de ménsulas a la mampostería.



Fotografía 6: Salón Principal ubicado en el primer piso alto decorado con guirnaldas doradas y con espejos a su alrededor.

Además hacia la parte frontal del edificio, tenemos una terraza de alrededor de 37 m^2, conformada por entrepiso de madera, siendo la única que está recubierta con un mosaico de cerámica original sustentado por una losa catalana, además hacia el exterior del teatro presenta un antepecho decorado con moriscos.



Fotografía 7: Terraza en el primer piso alto con frente a la avenida Gran Colombia.

2.3.3. SEGUNDA PLANTA ALTA (NIVEL +9.18)

Esta planta tiene similares características al nivel de la primera planta alta (nivel +5.85), su estructura es a través de muros portantes, entrepisos de madera recubierta de duelas de madera, presentándose como mezzanine y corredor perimetral en el Salón Principal del Teatro.

En este nivel hacia la platea se encuentra el cuarto de proyección al centro y hacia los costados los palcos laterales del segundo nivel a los cuales se accede desde las gradas laterales que nacen en la planta baja.

Medio nivel bajo este mezzanine se encuentran los palcos del segundo nivel del teatro.



Fotografía 8: Palcos de la primera y segunda planta alta.

2.3.4. TERCERA PLANTA ALTA (NIVEL +12.38)

En este nivel se encuentra el cielo raso del Salón Principal del Foyer conformado por un entrepiso de madera y cielo raso de fibra vegetal, desde el cual en la parte superior se encuentra apuntalada con vigas de madera la galería del teatro, a la cual se accede hasta su parte media a través de la grada lateral ubicada al extremo norte, misma que se desarrolla desde la planta baja con acceso directo desde la Av. Gran Colombia.

Igualmente la estructura de la galería está compuesta de entrepisos de vigas de madera y por duelas de madera figurando los graderíos hacia la parte central, encontrándose hacia ambos costados los vestidores conformados por una sobre estructura de madera en el nivel +13,15 metros con acceso directo desde la galería.

En el nivel de esta planta y a lo largo de todo el frente del teatro, se desarrolla una cámara de ventilación, con un entrepiso de madera y una cubierta inaccesible de madera como soporte de planchas de zinc de la cubierta.

En este nivel también se desarrolla el cielo raso de la platea del teatro, el cual se asienta sobre el tirante de las cerchas de hormigón armado de grandes dimensiones que conforman la estructura de sustento de la cubierta del Teatro sobre las cuales se asientan las planchas de zinc.



Fotografía 9: Cubierta conformada por cerchas de hormigón, ubicadas en el tercer nivel alto.

Por lo señalado, podemos manifestar que la marcada diferencia entre los dos arquitectos diseñadores del teatro, Giacomo Radiconcini y Antonio Russo, en dos etapas distintas de su construcción 1910 y 1937, dio lugar para que el Teatro Capitol sea un conjunto de los dos estilos. La parte anterior del edificio (la más cercana a la calle Gran Colombia), se caracteriza por estar apoyada a través de muros portantes y contrapisos de madera además de la fachada y contra-fachada que son ornamentados, mientras que por el contrario, todo el gran espacio de la platea y las galerías son muy modernistas, despojado de ornamentos, trabajado modularmente y mediante un uso generalizado de elementos estructurales de hormigón.

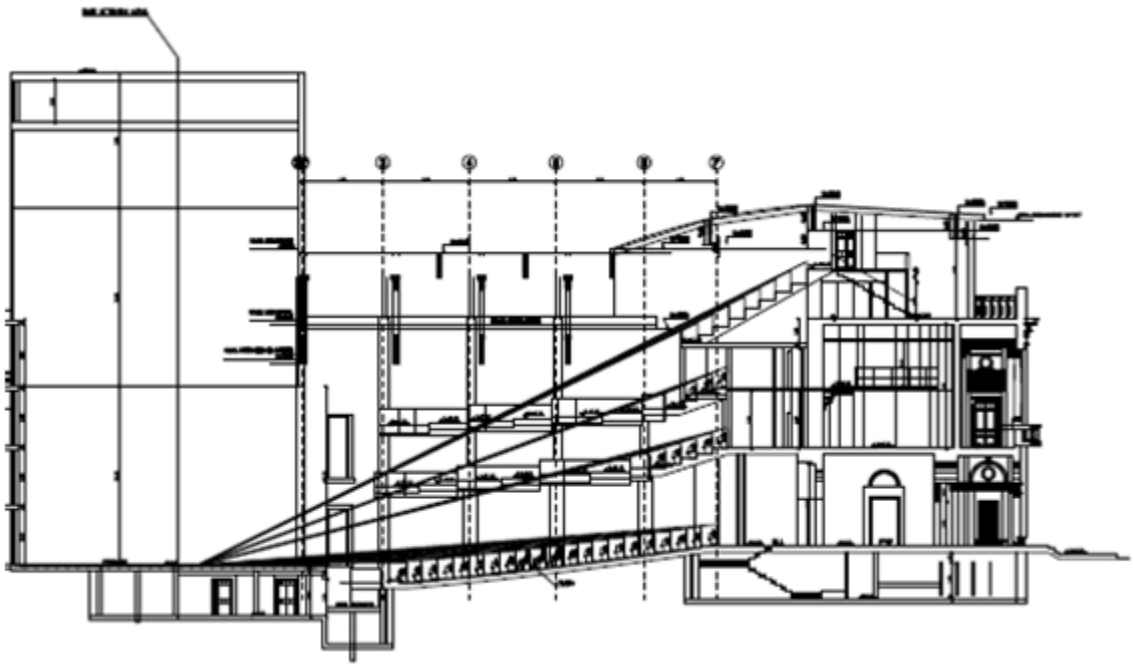
2.4. PROPUESTA

Consiste en recuperar la actividad principal de TEATRO, por lo que el proyecto pretende dotarlo de un escenario provisto con todos los equipos e implementos necesarios para cumplir con este propósito, de esta forma se proveerá de una plataforma móvil que servirá en la fosa para la ubicación de la orquesta, como a nivel de escenario ampliando su capacidad.

El teatro será equipado de tal forma que brinde confort a los usuarios por lo que los sistemas eléctricos, electrónicos, de seguridad, ventilación, sonido entre otros serán de última tecnología, y estarán ubicados y dispuestos con el fin de conseguir un ambiente apropiado para desarrollar cualquier tipo de evento.

El aforo del Teatro Capitol inicialmente concebido para 1500 personas, por motivo de la nueva utilización que va a tener el teatro, se ha reducido a 1112 personas aproximadamente, las mismas que se distribuirán en las siguientes áreas: platea con 553 butacas; primer nivel de palcos con 240 butacas; segundo nivel de palcos con 126 butacas y galería con 193 butacas.

Para generar esta distribución se basó en el estudio de la isóptica vertical del proyecto, la cual define una curva que es el resultado de la unión de los puntos de ubicación de los ojos de los espectadores de las diferentes filas con el punto observado a partir de una constante k, que es la medida promedio que hay entre el nivel de los ojos y el de la parte superior de la cabeza del espectador.



Fotografía 10: Isóptica Vertical del Teatro Capitol.

Considerando este estudio se determinaron los nuevos niveles de palcos y galería ya que estas áreas fueron las que tuvieron mayor variación, con lo cual se dio la ubicación y distribución de las butacas nuevas.

Las Ordenanzas Municipales vigentes dentro de sus decretos trata sobre la accesibilidad que deben tener las personas con limitaciones motrices a espectáculos; por lo cual en toda ejecución de obra debe existir una adecuación arquitectónica para limitados físicos para favorecer su desarrollo integral, la participación y la inclusión dentro de la sociedad; para el cumplimiento de estas ordenanzas el teatro estará equipado con rampas y dos elevadores para personas discapacitadas, los mismos que permitirán acceder a los niveles altos.

Asimismo se ha previsto que en cada nivel se cuente con servicio de baterías sanitarias y en el último nivel mediante el diseño de una terraza destinada para el mantenimiento y ubicación de equipos de ventilación.

Todos estos requerimientos fueron planteados en la propuesta arquitectónica presentada por el Departamento de Diseño y Proyectos del Instituto Metropolitano de Patrimonio (ex–Fonsal) a cargo de las Arquitectas Ana Andino y Karina Núñez.

Del mismo modo se ha propuesto recuperar elementos originales, muchos de ellos decorativos como las musas que se encuentran a ambos lados de la boca del escenario, estas figuras en altorrelieve hechas de cemento y cubiertas en yeso serán protegidas con técnicas de restauración para luego ser reinstaladas en el proyecto, tal como las guirnaldas decorativas y los espejos enmarcados que se encuentran en el Salón Principal del Foyer, así como también se ha previsto la reinstalación de 60 butacas originales restauradas que serán ubicadas en la galería del teatro, quedando como testigos y evidencia de su existencia decorativa en el teatro.



Fotografía 11: Musas del lado norte de la boca del escenario.



Fotografía 12: Butacas originales restauradas.

2.4.1. SUBSUELO Y PLANTA BAJA (-3.06:-4.02;0.00)

El subsuelo es un nivel totalmente nuevo considerado en la propuesta, corresponde a un área bajo los halles de acceso al teatro a los costados norte y sur del Foyer, al nivel -3,06 metros, destinada para baterías sanitarias y accesos de circulación, en el que además se encuentra el cuarto de bombas en la batería sur y el cuarto de tableros eléctricos principal en la batería sanitaria norte, mientras que bajo el escenario serán áreas destinadas a vestidores, bodegas de instrumentos y la fosa móvil para los músicos al nivel -4,02 metros.

En la planta baja, el nivel ±0.00 m, se encuentra el hall de acceso principal central que conduce hacia la platea, y a través de ingresos laterales al norte y sur se llega a las escaleras de circulación y ascensores que permiten acceder a los pisos superiores y a las baterías sanitarias ubicadas en el subsuelo.

La planta baja además de ser el acceso principal, es donde se desarrolla toda el área del Foyer el mismo que da paso a la platea que tiene capacidad para 553 butacas y que a través de dos rampas permite la salida de emergencia que conecta inmediatamente a los accesos principales.

Al escenario se le proveerá de espacios nuevos como la fosa que tendrá una plataforma móvil la misma que también podrá quedar a nivel del escenario y servirá para los músicos y artistas, por la misma necesidad se crearán en el subsuelo del escenario dos camerinos; baterías sanitarias; cuarto de Dimmers para el control de luces escénicas, una bodega y cuarto de bombas para la cisterna.

El Instituto Metropolitano de Patrimonio ha destinado la creación de nuevos ambientes, de igual manera el mejoramiento de otras áreas, las mismas que a continuación se describen:

SUBSUELO	**ÁREAS**
Baterías Sanitarias	109.84 m2
Ducto de Ascensores	8.28 m2
Accesos Verticales	28.04 m2
Cuarto de Dimmers	11.23 m2
Camerinos Músicos 1	18.70 m2
Camerinos Músicos 2	17.21 m2
Bodega – Cuarto de Bombas	18.24 m2
Plataforma Músicos	73.70 m2
Fosa Orquesta	97.95 m2
Rampa Salida de Emergencia	59.56 m2
Circulación en Zona de Camerinos	63.73 m2

PLANTA BAJA	AREAS
Platea	472 m2
Escenario	85.87 m2
Áreas Complementarias Escenario	115.33 m2
Foyer	80.52 m2
Hall Ingreso Principal	37.22 m2
Halles ingreso laterales	151.17 m2

2.4.2. PRIMERA PLANTA ALTA (Nivel +5.85)

En este nivel +5,85 metros se mantiene el Salón Principal del proyecto, al cual se accede por las gradas y los ascensores laterales ubicados a los costados norte y sur, se mantiene en este nivel la terraza rehabilitada frontal del proyecto y se crea una batería sanitaria centralizada por cuyos costados se accede al primer nivel de los palcos con una capacidad de 240 personas a través de rampas.

Lo primero que se puede notar en este nivel es un gran Salón Principal de doble altura que mediante diversas puertas permite el acceso a la terraza de la fachada principal y que a nivel +9,54 metros tiene un mezzanine tipo balcón en cantilever.

A continuación se presentan los ambientes con sus áreas las mismas que son suministradas por el Instituto Metropolitano de Patrimonio:

PRIMERA PLANTA ALTA	ÁREAS
Palcos	238.53 m2
Baterías Sanitarias	22.55 m2
Circulación	49.50 m2
Salón Principal	216.79 m2
Terraza	36.77 m2

2.4.3. SEGUNDA PLANTA ALTA (Nivel +9.54)

En este nivel +9.54 metros, se encuentra el mezzanine tipo balcón en cantiléver que adorna el Salón Principal del Teatro, al mismo que se accede por las gradas y los ascensores laterales ubicados a los costados norte y sur, creándose también una batería sanitaria centralizada por cuyos costados se accede al segundo nivel de los palcos con una capacidad de 126 personas a través de rampas.

En este nivel será implantado el cuarto de control principal en la parte frontal y central de los graderíos, el mismo que dará cabida a los equipos que proporcionarán tecnología a los diferentes eventos que se realicen en el teatro.

De igual manera a través de los planos arquitectónicos suministrados por el Instituto Metropolitano de Patrimonio se pueden conocer lo siguiente:

SEGUNDA PLANTA ALTA	ÁREAS
Palcos	165.02 m2
Baterías Sanitarias	15.96 m2
Circulación	27.04 m2
Mezzanine	71.77 m2
Cuarto de Control	26.50 m2

2.4.4. TERCERA PLANTA ALTA (Nivel +12.82)

En este nivel que se encuentra en +12.82 metros, correspondiente al nivel que el proyecto inicial lo contemplaba como cielo raso del Salón Principal del Foyer, se considera la creación de un entrepiso completo al que se accede solamente a través de las gradas laterales desde el nivel inferior, implantándose una batería sanitaria central de forma semilunar, con espacios a los costados utilizables para la instalación de los equipos del sistema de ventilación mecánica desde los cuales se accede a la terraza de la parte frontal del teatro la cual es creada en lugar de la cámara de ventilación del proyecto inicial.
Desde este nivel a través de dos rampas laterales a la batería sanitaria se accede a la parte

baja de la galería, desde donde mediante gradas ubicadas a los costados interiores de las rampas se sube a los graderíos de la parte superior de la galería.

Posteriormente y con la finalidad de optimizar la funcionalidad y operatividad de acceso y desalojo de la galería por razones de seguridad, se creó el nivel +15,16 sobre la losa de la batería, a la que se accede a través de dos gradas laterales que nacen en la llegada de las gradas laterales al nivel 12,82 metros, lo cual facilita el ingreso a la galería por la parte central superior de la misma, desde donde se baja hasta la parte media de la galería.

Los planos proporcionados por el Instituto Metropolitano de Patrimonio permiten conocer lo siguiente:

TERCERA PLANTA ALTA	ÁREAS
Baterías Sanitarias	25.76 m2
Terraza para Equipos	56.19 m2
Bodegas	15.82 m2
Circulación	62.75 m2

2.4.5. NIVEL DE GALERÍA

La galería con una capacidad para 193 personas, tiene por lo tanto dos accesos, el primero por las dos rampas que bajan desde el nivel +12,82 m llegar a la parte inferior de la galería para de allí subir hasta la parte media de la misma mediante gradas junto a las rampas, y el segundo, desde el nivel +15.16 metros que es la losa de cubierta de la batería del nivel +12.82, ingresar a la galería por la parte central superior del teatro y bajar por graderíos hasta la parte media de la misma.

GALERÍAS	ÁREAS
Galerías	186.38 m2

2.5. EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y COMPATIBILIDAD DE LA ESTRUCTURA

Una vez que se dispone del diseño de la propuesta de rehabilitación arquitectónica del teatro y como paso fundamental y básico previo al diseño del reforzamiento estructural es necesario realizar el diagnóstico del estado real en que se encuentra la edificación, arquitectónica y estructuralmente con la finalidad de detectar posibles daños o fallas constructivas y estructurales que merecerán mayor atención en el estudio del reforzamiento.

Arquitectónicamente es conveniente realizar un diagnóstico de las patologías de la edificación, en el que a través de inspecciones visuales se obtendrá una imagen real del estado físico del teatro, detectando fallas y desprendimientos de enlucidos y cielos rasos, fisuras o grietas en los muros, mamposterías y elementos estructurales de ser el caso, determinado de manera preliminar las posibles causas de las mismas, para posteriormente a través de ensayos no destructivos certificar el estado de resistencia de los elementos. Es importante también en esta etapa detectar obras adicionales y añadidos realizados en la edificación con la finalidad de determinar su incidencia en la arquitectura o estructura de la edificación.

En cuanto a la revisión de los elementos estructurales como son muros, columnas, cimentación, vigas, losas y gradas, se tendrá que realizar ensayos no destructivos que nos permitan certificar el estado y resistencia de estos elementos, así como también a través de ensayos de suelos y calas de prospección determinar la estratigrafía del terreno en el que está implantado el proyecto y tener una visión de la cimentación existente.

Es importante en este diagnóstico, definir y ubicar la estructura original del proyecto así como los elementos añadidos a la misma, ya que al momento de realizar la compatibilidad de la estructura, se deben acoplar los nuevos ambientes y estructura de la propuesta a la realidad estructural existente, mejorando las condiciones de resistencia con el reforzamiento que nos permita conseguir la estabilidad de la estructura para el nuevo uso y solicitación planificada, para que funcione como un teatro.

2.5.1. PATOLOGÍAS (OBSERVACIÓN Y EVALUACIÓN VISUAL DEL GRADO DE AFECTACIÓN DE LOS ELEMENTOS (MUROS Y PISOS) POR EFECTO DEL USO DEL TEATRO CAPITOL)

El Diagnóstico de las Patologías del Teatro fue contratado por el Fondo de Salvamento para que lo realicen los arquitectos Mauricio Salgado Vejarano y José Luis Sánchez, quienes para cumplir con el objetivo, hicieron un levantamiento planialtimétrico del teatro y realizaron el diagnóstico de las patologías a través de la observación y evaluación visual del inmueble, señalando en su informe que: “En términos generales el estado del teatro es bastante bueno, casi no se observan en ninguna parte cielos rasos en mal estado, o pisos que no sean transitables”.

También señalaron en su informe dos aspectos que afectan al momento a la construcción como son: el problema de la polución urbana que recibe el teatro, el cual se manifiesta a través de todo el polvo que se aloja en el inmueble, lo cual no parece sea debido al estado de desocupación del teatro, sino más bien se debe al largo periodo de exposición al smog que producen los vehículos que transitan por el sector; y segundo, el colapso de la doble pared de ladrillo del lindero posterior del teatro, debido al empuje producido por la falla del terreno posterior al teatro, por las constantes filtraciones de agua lluvia y saturación en la cruda estación invernal del año 2007.

Los desprendimientos encontrados en los enlucidos de las paredes al interior del teatro no fueron de mayor importancia, hallándose un esqueleto de caña guadua que con el tiempo y las cargas de larga duración influenciaron en el desprendimiento de las mismas.



Fotografía 13: Desprendimientos de enlucidos en las paredes del Salón Principal.

Los desprendimientos encontrados en los enlucidos en el techo del salón principal y parte de la boca del escenario no fueron considerados peligrosos ya que no se observaban fisuras que causen la caída del resto del enlucido, ya que se trata de un cielo raso falso no estructural por lo que la falla es puntual.



Fotografía 14: Desprendimientos de enlucidos en el techo de los corredores del Salón Principal.



Fotografía 15: Desprendimientos de enlucidos, parte frontal de la platea.

El desmoronamiento de la doble pared de ladrillo posterior del teatro, que colapsó por el empuje del terreno posterior debido a las constantes lluvias que se produjeron en el invierno del año 2007, se debió a que este muro de lindero, no fue construido como un muro de contención del talud del terreno posterior, sino que fue construido como un muro de ladrillo que actuaba como una pared medianera de cerramiento en el lindero entre el teatro y el lote posterior hacia la Calle Ríos.

Este desmoronamiento provocó un debilitamiento de las dos columnas posteriores del escenario, las mismas que formaban una estructura de apuntalamiento de la doble pared de ladrillo de lindero del teatro, lo que provocó que la parte central del muro colapse y produzca la caída de la cubierta en este sector así como también la estructura lateral de soporte se pierda con los ambientes creados añadidos en el sector (camerinos para los artistas), quedando una parte del muro del ladrillo en suspensión en peligro eminente de irse abajo.



Fotografía 16: Desmoronamiento del muro posterior al escenario.

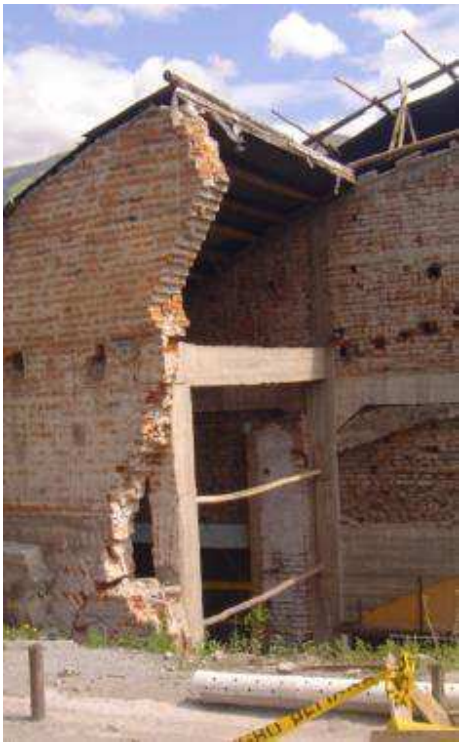
Este desmoronamiento provocó un debilitamiento de las dos columnas posteriores al escenario las mismas que sostenían la cubierta superior e hizo que parte de esta colapse, igualmente hizo que toda la estructura lateral se pierda, parte del muro del ladrillo se caiga y otra parte está a punto de irse abajo.



Fotografía 17



Fotografía 18



Fotografía 19



Fotografía 20

Fotografía 17 y 18: Apuntalamiento del muro de ladrillo posterior al escenario para impedir que se siga desmoronando.

Fotografía 19 y 20: Desprendimiento del muro posterior de ladrillo y pérdida parcial de la cubierta.

Las dos columnas posteriores al escenario del teatro que formaban la estructura de apuntalamiento de la doble pared de ladrillo del lindero posterior, se debilitaron por el empuje lateral que originó el talud colapsado del terreno posterior, lo que provocó que las columnas tengan esfuerzos de tracción y de compresión adicionales.



Fotografía 21



Fotografía 22



Fotografía 23

Fotografía 21, 22 y 23: Fisuras en columnas pertenecientes al muro de ladrillo provocado por el empuje de tierra del talud desmoronado.

2.5.2. ESTUDIO DE SUELOS (CATEOS PARA ESTABLECER EXISTENCIA Y TIPOS DE CIMENTACIÓN)

El proyecto para la Rehabilitación del Teatro Capitol necesariamente requiere del Estudio de Mecánica de Suelos que nos permita conocer las características del subsuelo de implantación del teatro, con la finalidad de realizar el reforzamiento del mismo adecuándolo a las nuevas solicitaciones y cargas de la propuesta arquitectónica.

Para identificar el perfil estratigráfico del terreno se realizaron tres sondeos a rotación – percusión de 12 metros de profundidad cada uno, ubicados en los sitios en los cuales las solicitaciones de la nueva propuesta serán los más representativos: al centro del Foyer, en la parte media hacia el costado sur de la Platea y al centro del escenario.

Concomitantemente al avance de las perforaciones a cada metro de profundidad, se realizaron ensayos de penetración estándar (SPT), a fin de obtener el número de golpes "N" necesarios para introducir el muestreador una profundidad de 30 centímetros mediante un martinete de 64 Kg de masa que cae desde una altura de 76 centímetros.

Adicionalmente también se tomaron dos muestras inalteradas en bloque a fin de obtener los parámetros de resistencia al corte.

No se detectó la presencia de nivel freático hasta la profundidad de las investigaciones en ninguno de los sondeos.

El Estudio de Mecánica de Suelos para la rehabilitación integral del Teatro Capitol, realizado por el Ingeniero Juan Carlos Montero[12], permitió conocer la estratigrafía de las capas superiores del suelo, la capacidad de carga admisible del suelo a través de los valores del NSPT a cada metro de profundidad y los parámetros de resistencia al corte de acuerdo al siguiente detalle:

[12] Anexo 1: Estudio de Mecánica de Suelos para la restauración del Teatro Capitol, ubicado en la calle Gran Colombia, de la ciudad de Quito. Ingeniero Juan Carlos Montero.

ESTRATIGRAFÍA DEL SUELO

PROF. (m)	POZO 1	POZO 2	POZO 3
1.0	SM	ML	ML
2.0	ML	ML	ML
3.0	ML	ML	ML
4.0	ML	ML	SM
5.0	ML	ML	SM
6.0	ML	SM	SM
7.0	ML	SM	SM
8.0	SM	SM	SM
9.0	SM	SM	ML
10.0	SM	SM	ML
11.0	SM	SM	ML
12.0	SM	SM	SM

RESUMEN DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DEL SUELO

Prof. m	B = 1.10 m			B = 1.60 m		
	Sondeo 1	Sondeo 2	Sondeo 3	Sondeo 1	Sondeo 2	Sondeo 3
	Q adm T/m²	Q adm T/m²	Q adm T/m²	Q adm T/m²	Q adm T/m²	Q adm T/m²
1.0	15,00	12,00	13,00	14,0	11,0	12,00
2.0	15,00	10,00	20,00	14,0	9,00	20,00
3.0	15,00	24,00	25,00	11,0	22,00	22,00
4.0	12,00	30,00	25,00	11,0	30,00	25,00

En general se detectaron valores de “N” del SPT mayores a 10, lo que genera valores de capacidad de carga entre 13.00 t/m2 y 30.00 t/m2 a nivel de cimentación.

PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE

Ángulo de fricción interna	=	28.0	Grados
Cohesión	=	3.00	Ton/ m²
Peso Unitario del Suelo	=	1.53	Ton/m²

Con la finalidad de conocer las características de fundación de las cimentaciones de la edificación en su tiempo, se procedió a realizar tres calicatas (pozos a cielo abierto) en sitios concordantes con los sondeos de penetración, hasta encontrar el contacto de la cimentación con el suelo natural.

En dichas calicatas se observó en general las características físicas y constructivas de las cimentaciones, las cuales corresponden a los estilos de sus diseñadores y a las épocas de construcción del teatro (1910 y 1937), encontrándose una cimentación corrida de mampostería de piedra con mortero de cemento y cal, con un ancho de 1,50 metros y hasta una profundidad de 2.00 metros en el área de la parte más antigua correspondiente al Foyer, mientras que tenemos una cimentación de plinto aislado de hormigón armado con una zapata de 1.20 m x 1.00 m y 0.30 m de espesor hasta una profundidad 2.00 metros en las columnas hacia el costado norte y sur de la Platea.

2.5.3. RESISTENCIAS (ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS)

El objeto de estos ensayos es conocer la calidad del hormigón en obra, sin que resulte afectada la pieza o estructura objeto de examen, realizándose en este proyecto ensayos esclerométricos y adicionalmente también calas de inspección para visualizar el tipo y diámetros de la armadura de refuerzo.

- **Ensayo Esclerométrico:**

Se basa en aplicar a la superficie del hormigón una especie de clavo de acero extra duro, que se introduce en el material por medio de una carga explosiva, quedando la energía residual de un impacto sobre la superficie del hormigón.

Lo que se mide en este ensayo es la profundidad de penetración, que viene relacionada con la resistencia a compresión del hormigón.

El Laboratorio de Hormigones y Cementos de la Pontifica Universidad Católica Del Ecuador, a través de la ingeniera María Fernanda Herrera[13], realizó los ensayos esclerométricos en las columnas: 7B; 7E; 5G; 2E de planta baja y 2E; 7D; 7E; 4A de planta alta, obteniendo los siguientes resultados:

Planta Baja	Columna 7B	promedio resistencia 186 Kg/cm²
	Columna 7E	promedio resistencia 210 Kg/cm²
	Columna 5G	promedio resistencia 194 Kg/cm²
	Columna 2E	promedio resistencia 212 Kg/cm²
Planta Alta	Columna 2E	promedio resistencia 214 Kg/cm²
	Columna 7D	promedio resistencia 210 Kg/cm²
	Columna 7E	promedio resistencia 212 Kg/cm²
	Columna 4A	promedio resistencia 196 Kg/cm²

[13] Anexo 2: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Laboratorio de Materiales de Construcción. Ensayo Esclerométrico. Ingeniera María Fernanda Herrera.

Anexo 3: Planos del estado anterior del Teatro Capitol.

Anexo 4: Planos de la propuesta arquitectónica para el Teatro Capitol.

- **Inspección de armadura de refuerzo:**

Este procedimiento consistió en retirar el enlucido y recubrimiento de las columnas en áreas pequeñas y en la mitad evitando los extremos por la concentración de acero que existe en los nudos.

El refuerzo que se encontró en las armaduras de hormigón fue acero liso pero dadas las normas vigentes no se lo puede utilizar ya que no existe adherencia a los materiales aglomerantes además que permite el movimiento relativo longitudinal entre la varilla y el concreto que la rodea causando fallas de tracción.



Fotografía 24



Fotografía 25



Fotografía 26

Fotografía 24, 25 y 26: Armadura de acero liso encontrado en la inspección de acero de refuerzo en columnas en la platea.

CAPÍTULO 3

EL PROYECTO ESTRUCTURAL

El proyecto estructural fue elaborado en base al proyecto arquitectónico presentado por el dueño del predio, el Instituto Metropolitano de Patrimonio (ex–Fonsal), siendo un procedimiento que consiste en interconectar, proporcionar y dimensionar los elementos de un sistema estructural, de modo que puedan soportar un conjunto de cargas sin sobrepasar las fatigas admisibles de los materiales empleados y obtener un rendimiento balanceado entre la parte rígida y plástica de los elementos, ya que un exceso en alguno de estos dos aspectos puede conducir al fallo de la estructura.

El proyecto estructural se realizó en base a la funcionalidad, usos y servicios que va a ofrecer el proyecto, definiéndose a este como teatro para darle continuidad a los servicios que prestaba, y realizar los trabajos necesarios para devolverle vitalidad a la estructura, siendo estos trabajos los de consolidación de las construcciones de mamposterías, los palcos y galería alta que es una obra complementaria nueva.

Estos trabajos están ligados con los criterios preservacionistas, en los que se incluyen técnicas constructivas tradicionales y la utilización de materiales contemporáneos, estos términos deben guardar consistencia entre sí para permitir conservar una estructura con sus rasgos y patologías originales.

Los estudios del proyecto de reforzamiento estructural, estuvieron a cargo del Ingeniero Mario Morán, quien desarrolló el análisis del proyecto mediante las siguientes consideraciones:

3.1. CRITERIOS BÁSICOS PARA LA ESTRUCTURACIÓN

Para el cálculo y diseño de una estructura, se debe considerar los materiales que se utilizarán, los mismos que deberán cumplir con una serie de requisitos mínimos establecidos por los diferentes códigos; para este caso los códigos utilizados fueron:

- Código Ecuatoriano de la Construcción. Análisis Sísmico, Espectro de Diseño y Requisitos Mínimos de Cálculo para Diseño Sismo Resistente.

- Código ACI – 318 American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto).

- Código AISC American Institute of Steel Construction (Instituto Americano de Construcción de Acero). Para estructuras compactas de acero.

- Código AISI American Iron and Steel Institute (Instituto Americano del Hierro y el Acero). Para estructuras de acero de lámina delgada.

- Código AWS American Welding Society (Sociedad Americana de Soldaduras).

Para complementar a la estructura se debe tomar en cuenta las propuestas de las ingenierías Eléctrica, Mecánica, Sanitaria; Escénica y de Sonido, se deben considerar ductos para la instalación de tuberías, cableado y otros elementos que complementen estas ingenierías.

3.2. ESTRUCTURACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA

Para el ingeniero Mario Morán la estructuración consistió principalmente en el comportamiento estático y dinámico que deben guardar los nuevos elementos estructurales incorporados, así como la estructuración de nuevas edificaciones (la tramoya).

Todos estos elementos a más de proteger la edificación original, deberán proporcionar seguridad y flexibilidad de tal manera que las deformaciones laterales se mantengan dentro de las magnitudes permitidas y se evite interferencia entre elementos existentes y los nuevos a incorporarse.

3.2.1. SECCIÓN 1

Esta sección corresponde a la parte frontal de la edificación con fachada hacia la Av. Gran Colombia (El Foyer) en la que se encuentran los siguientes niveles:

3.2.1.1. NIVEL DEL SUBSUELO

Está localizado bajo el nivel de la cimentación existente de los muros de las mamposterías laterales del teatro, en él se localizaran las nuevas baterías sanitarias ubicadas en el N: - 3.06 metros en los extremos del Foyer y para la Fosa del escenario en el N: - 4.02 metros, en cuyos procesos constructivos se adoptó la metodología constructiva planteada por el diseñador estructural que determinaba asegurar la estabilidad de la construcción existente, respetar la localización de las cimentaciones existentes y diseñar un sistema constructivo de muros de sostenimiento que minimicen los posibles asentamientos del suelo por efecto del talud desprotegido.

Cumpliendo con estos requisitos de seguridad se construyeron muros de sostenimiento de hormigón armado adosados a las mamposterías de las cimentaciones para producir un efecto de confinamiento y un elemento monolítico.

3.2.1.2. NIVEL PLANTA BAJA

Corresponde al N. ± 0,00 en el que están las losas de tapa de los subsuelos; siendo estructurados de acuerdo a los requerimientos arquitectónicos y estructurales, y respetando lo antes ya mencionado, en cambio se añadieron elementos nuevos como columnas en A(2`,3`, 4`, 5`), F(2`,3`, 4`, 5`) que fueron empotradas en los muros de mampostería alineados con los muros del subsuelo que fueron utilizados como cimentaciones y las columnas B(6, 7); C(6, 7); D(6, 7); E(6, 7) (Ver Plano No. 6 de Anexo 4) que servirán para la conformación de los graderíos frontales, además de los muros de corte diseñados para resistir fuerzas sísmicas en su propio plano fundados en N. -3.56 metros entre las columnas 5´ y 7, entre ejes A, B, E y F destinado para el ducto de los ascensores y las gradas de acceso a los niveles superiores a cada lado del Foyer, todos estos elementos nuevos sirven para mejorar las condiciones de resistencia y estabilidad para cumplir con el requerimiento de seguridad.



Fotografía 27: Estructuración de elementos nuevos en la Platea.



Fotografía 28: Columnas laterales en la Platea.

3.2.1.3. NIVEL DE PLANTAS ALTAS

En estos niveles que corresponden a los N: +5,85; +9,54; +12,82 y +15,16 metros, se encuentran el Salón Principal, el Mezzanine y las Galerías; se realizó la construcción de nuevas estructuras para los pisos con la finalidad de mejorar la estabilidad de los muros resistentes (arriostramientos horizontales) y la serviciabilidad de los pisos para controlar las

deformaciones y vibraciones de los nuevos ambientes que permiten un piso compatible con las baterías sanitarias, balcones y accesos de pisos duros.

Las estructuras de los pisos consisten en:

- Pisos de madera con terminado de tabloncillo o parquet, instalados sobre dos tableros de madera contrachapada apoyados en correas metálicas soportadas por vigas metálicas.

- Pisos de madera con terminado de tabloncillo o parquet, instalados sobre dos tableros de madera contrachapada soportados por una loseta de hormigón (deck) fundida sobre un entramado de viguetas y vigas de acero.

- Pisos duros de cerámica sobre una loseta de hormigón (deck) fundida sobre un entramado de viguetas y vigas de acero.

Los entramados de vigas de acero, están apoyados sobre las cadenas embebidas en los muros existentes, utilizando la misma ubicación de las vigas de madera extraídas, y en el caso donde se necesitaron vigas de hormigón armado se las hizo coincidir con las columnas nuevas para apoyar las nuevas mamposterías ó reponer las existentes.



Fotografía 29: Colocación de las vigas de acero sobre muros existentes en el Salón Principal.

En cuanto a los graderíos frontales al escenario y la galería superior, fueron replanteados para cumplir con los requerimientos arquitectónicos y especialmente los requerimientos de Isóptica, ya que las características geométricas de los mismos no permitieron su rehabilitación de acuerdo al nuevo proyecto.

Para los graderíos se construyeron en cada nivel vigas en cantilévers (en voladizo) sobre las columnas existentes, siguiendo la Isóptica de los graderíos del proyecto, las mismas que se conectan con una viga de gran longitud en el borde que rigidiza los volados, la cual en los extremos está apoyada sobre las columnas de los muros laterales de la platea. Esta viga sirve como arriostramiento amortiguador de los volados y como apoyo de las vigas principales de los palcos laterales.



Fotografía 30: Armado del acero para las vigas que forman la Galería Superior.



Fotografía 31: Encofrado para fundir las vigas de los graderíos de la segunda planta alta.



Fotografía 32



Fotografía 33

Fotografía 32 y 33: Resultado de los procesos de armado, fundido y desencofrado de las vigas pertenecientes a los graderíos frontales y la galería.

3.2.2. SECCIÓN 2

3.2.2.1. PLATEA Y PALCOS

La estructuración de la platea de acuerdo con el diseño estructural, se lo hizo mediante una losa inclinada de hormigón armado, para los palcos se reutilizaron las columnas existentes de hormigón de los muros laterales ya que estas son parte de la estructura de apoyo de la cubierta y además sirven de apoyo para los volados de los palcos.

La nueva configuración de cubierta planteada (dos aguas) en el proyecto genera la creación de nuevos pórticos que son elaborados contiguos a los ya existentes.

Los volados de los palcos se los hizo con vigas y viguetas de acero estructural ubicados en los diferentes niveles establecidos en el proyecto, sujetos a columnas de pórticos de cubiertas original y nueva mediante collarines y rigidizados con una viga de gran longitud

que apoya sus extremos en la viga principal de los graderíos frontales y en la última viga en volado del palco.



Fotografía 34: Sujeción y apoyo de las vigas metálicas en collarines ubicados en columnas laterales.



Fotografía 35: Vigas metálicas de los palcos laterales acopladas a la viga longitudinal de los graderíos pertenecientes al Foyer.

3.3. ESTRUCTURACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

Considerando los estudios de Mecánica de Suelos realizados por el Ingeniero Juan Carlos Montero, la infraestructura fue estructurada de acuerdo a los requerimientos de estabilidad.

3.3.1. SECCIÓN 1

La cimentación para esta sección (El Foyer) se realizó en base a la resistencia del suelo y estabilidad del empuje para la construcción de los muros de sostenimiento y para que se disipen las cargas de las columnas adyacentes a los muros.

El nuevo diseño de los graderíos incluyó nuevas dimensiones de los volados, los mismos que sobrepasaron la resistencia que soportaba la cimentación de acuerdo a las cargas provenientes de las vigas y las columnas, por lo que se requirió de nuevos plintos aislados diseñados en base a las condiciones del suelo y las columnas diseñadas con los requerimientos de flexo – compresión.

3.3.2. SECCIÓN 2

En el sector de la Platea, las columnas nuevas fueron adosadas a los muros de cimentación con zapatas y plintos aislados fundidos al nuevo nivel de fundación, al que hubo que cimentar los plintos de las columnas antiguas teniendo que calzar estas columnas que se las reutilizó porque demostraron tener la capacidad portante suficiente para los nuevos requerimientos estructurales de los palcos, al ser estructuras de acero en voladizo.

La profundidad de la cimentación estuvo controlada por el desnivel dado de las rampas de salida de emergencia de incendios.

3.4. HIPOTESIS DE CARGAS Y SOLICITACIONES

Las hipótesis de carga definidas para el proyecto, se las realizó considerando el uso básico de la edificación para oficinas, camerinos y salas de reunión, los sistemas estructurales

resistentes y de consolidación, además se definió las solicitaciones estáticas debidas a carga muerta, sobrecarga y las solicitaciones dinámicas por la fuerza sísmica y el viento.

Las cargas consideradas son de uso normativo y fueron adoptadas del Código Ecuatoriano de la Construcción, siendo las siguientes:

CARGAS GRAVITACIONALES.

- Losa alivianada h = 25 cm	400.0 Kg/m².
- Adicional de vigas de H.A.	110.0 Kg/m².
- Recubrimiento de piso	60.0 Kg/m^2
- Cielo raso e instalaciones	30.0 Kg/m^2
	Total = 600.0 Kg/m^2

- Losa sobre deck h = 10 cm	180.0 Kg/m^2
- Vigas de acero	50.0 Kg/m^2
- Recubrimiento de piso	60.0 Kg/m^2
- Cielo raso e instalaciones	30.0 Kg/m^2
	Total = 320.0 Kg/m^2

- Piso madera (sobre vigas acero)	40.0 Kg/m^2
- Vigas de acero	50.0 Kg/m^2
- Cielo raso e instalaciones	30.0 Kg/m^2
	Total = 120.0 Kg/m^2

- Piso madera (sobre vigas madera)	40.0 Kg/m^2
- Vigas de madera	30.0 Kg/m^2
- Cielo raso e instalaciones	30.0 Kg/m^2
Total = 100.0 k/m².	

- Tabiquería	150.0 Kg/m^2
- Mobiliario/tarimas	100.0 Kg/m^2

CARGAS DE USO.

Graderíos, asientos fijos	500.0 Kg/m^2
Circulaciones y halls de acceso	300.0 Kg/m^2
Salones de uso restringido	250.0 Kg/m^2
Salas de reunión (Foyer, Platea)	400.0 Kg/m^2
Escenario	500.0 Kg/m^2
Camerinos	200.0 Kg/m^2
Cubierta accesible	200.0 Kg/m^2
Cubierta inaccesible	100.0 Kg/m^2

EMPUJE SÍSMICO.

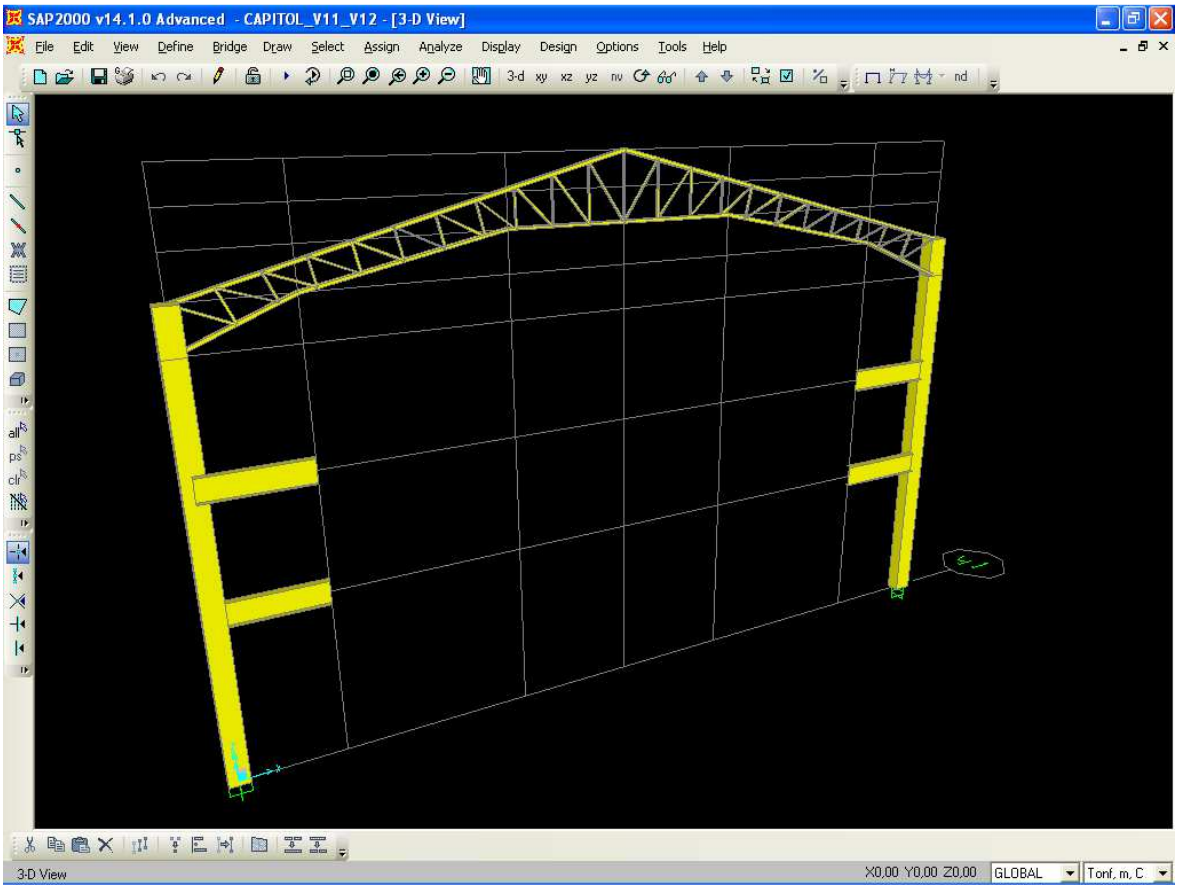
Para sus análisis de diseño estructural, el calculista utilizó la forma espectral propuesta por ATC (Applied Technology Council), el Consejo de Tecnología Aplicada que desarrolló el ATC-3 "Disposiciones provisionales para el Desarrollo de los Reglamentos Sísmica de Edificios" adaptada para suelos de perfil dinámico S2 (ligeramente compresibles a las ondas de corte).

Para las edificaciones en hormigón armado se utilizó el espectro ATC-3 cuya filosofía fue adoptada por el Código Ecuatoriano de la Construcción 2000, en el que se debe realizar el procedimiento de cálculo de las fuerzas estáticas encontrando el corte basal de diseño.

3.5. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL REFORZAMIENTO (COMPROBACIÓN Y EVALUACIÓN)

3.5.1. CIMENTACIÓN

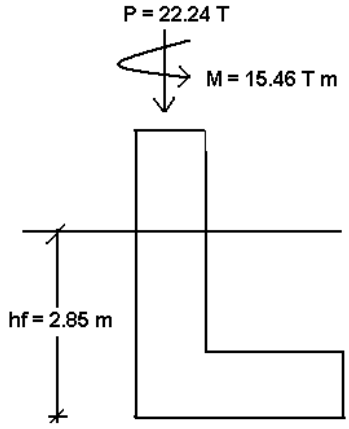
Para la comprobación y evaluación, el cálculo lo realizamos en el modelamiento de un pórtico representativo con el programa SAP2000, el pórtico 4´, un elemento nuevo que será añadido a la estructura y alineado con el muro del subsuelo, del cual se obtuvieron las reacciones que se generan en las columnas y de esta manera calcular las cimentaciones de las columnas laterales de la Platea, el diseño se realizó utilizando el método elástico llegando a los siguientes resultados:



MÉTODO ELÁSTICO

M = 15.46 T m **q_a** = 22 T/m^2

P = 22.24 T **hf** = -2.85 m



PREDISEÑO ZAPATA

$$A = \frac{P}{\sigma_{adm}}$$

$$A = \frac{P + 20\%\, P}{\sigma_{adm}}$$

$$A = \frac{1.20(22.24)}{22} = 1.21\ m^2$$

Si fuera cuadrada $\Longrightarrow$ zapata = 1.10 x 1.10 m^2

Área de fundación asumida Af = 1.20 x 2.00 = 2.40 m^2

$$q_0 = \frac{P}{B\ x\ L} + \frac{P_F + P_{rell}}{B\ x\ L} + \frac{6\ M}{B\ x\ L^2} \leq q_a$$

$$q_0 = \frac{P}{B\ x\ L} + \frac{P_F + P_{rell}}{B\ x\ L} - \frac{6\ M}{B\ x\ L^2} > 0$$

$P_{F+}P_{rell}$ = B x L * γ_{Prom} * hf

$\gamma_H = 2.4\ {}^{T}/_{m^3}$ $\gamma_{Suelo} = 1.8\ {}^{T}/_{m^3}$ $\gamma_{Prom} = 2.00\ {}^{T}/_{m^3}$

$P_F + P_{rell}$ = 1.20 * 2 * 2 * 2.85 =13.68 T PF + Prell = $1.20 * 2 * 2 * 2.85 = 13.68$

$$q_0 = \frac{22.24}{1.20 * 2} + \frac{13.68}{1.20 * 2} + \frac{6 * 15.46}{1.20 * 2^2} = 34.29\ {}^{T}/_{m^2} > q_a = 22\ {}^{T}/_{m^2}$$

$$q_0 = \frac{22.24}{1.20 * 2} + \frac{13.68}{1.20 * 2} - \frac{6 * 15.46}{1.20 * 2^2} = -4.36\ {}^{T}/_{m^2} < 0$$

Aumento la sección: **Af = 1.50 x 2.50 = 3.75 m^2** Af = 1.50 x 2.50 = 3.75 m2

$P_F + P_{rell}$ = 1.50 * 2.50 * 2 * 2.85 = 21.38 T

$$q_0 = \frac{22.24}{1.50 * 2.50} + \frac{21.38}{1.50 * 2.50} + \frac{6 * 15.46}{1.50 * 2.50^2} = 21.53\ {}^{T}/_{m^2} < q_a = 22\ {}^{T}/_{m^2}$$

$$q_0 = \frac{22.24}{1.50 * 2.50} + \frac{21.38}{1.50 * 2.50} - \frac{6 * 15.46}{1.50 * 2.50^2} = 1.74\ {}^{T}/_{m^2} > 0$$

Por las condiciones de la estructura se genera un momento que debe ser absorbido por la cimentación por este motivo se diseña una viga, diseñada de la siguiente manera:

$M = R * b * d^2$ $\quad R = 18.40\ {}^{Kg}/_{cm^2} \Longrightarrow \begin{Bmatrix} f'c = 240\ {}^{kg}/_{cm^2} \\ fy = 4200\ {}^{Kg}/_{cm^2} \end{Bmatrix}$

La columna es 40 x 65 cm^2

b_{asu} = 65 cm

M = 15.46 T · m = 15.46 * 10^5 Kg · cm

15.46 * 10^5 = 18.40 * 65 * d^2

d = 35.95 cm + 14 cm (recubrimiento)

H = 49.95 cm

H_{adop} = 60 cm

$$As_{min} = \frac{14}{4200} b\ d$$

$$As_{min} = \frac{14}{4200} (65)(53)$$

$$As_{min} = 11.48\ cm^2$$

$$As = \frac{M}{f_s * j * d}$$

f_s= 50% fy $\quad$ j = 0.888 (f) Materiales

$$As = \frac{15.46 * 10^5}{0.5(4200) * 0.888 * 53} = 15.64\ cm^2 \rightarrow 6\phi 18$$

Para la Zapata

P_{Nsuelo} = 22.24 T

Af = 1.50 x 2.50 cm^2

$$\sigma_{suelo} = \frac{P}{A}$$

$$\sigma_{suelo} = \frac{22.24}{1.50 * 2.50} = 5.93 \ {}^{T}/_{m^2}$$

$$M = \sigma_{suelo} * \frac{L^2}{2}$$

$$L = \frac{1.50 - 0.65}{2} = 0.43 \ m$$

$$M = 5.93 \frac{0.43^2}{2} = 0.55 \ T \ m \implies Momento \ en \ la \ cara \ de \ la \ viga$$

$M = R * b * d^2$

$0.55 * 10^5 = 18.40 * 100 * d^2$

d = 5.47 cm + 7 cm (recubrimiento)

H = 12.47 cm

H_{min} = 25 – 30 cm **H_{adop} = 30 cm**

$$As_{min} = \frac{14}{4200} b \ d$$

$$As_{min} = \frac{14}{4200} (100)(23)$$

$$As_{min} = 7.67 \ cm^2$$

$$As = \frac{M}{f_s * j * d}$$

$$As = \frac{0.55 * 10^5}{0.5(4200) * 0.888 * 23} = 1.28 \ cm^2$$

$$4\phi 16 \ transversales$$

$$11\phi 14 \ longitudinales$$

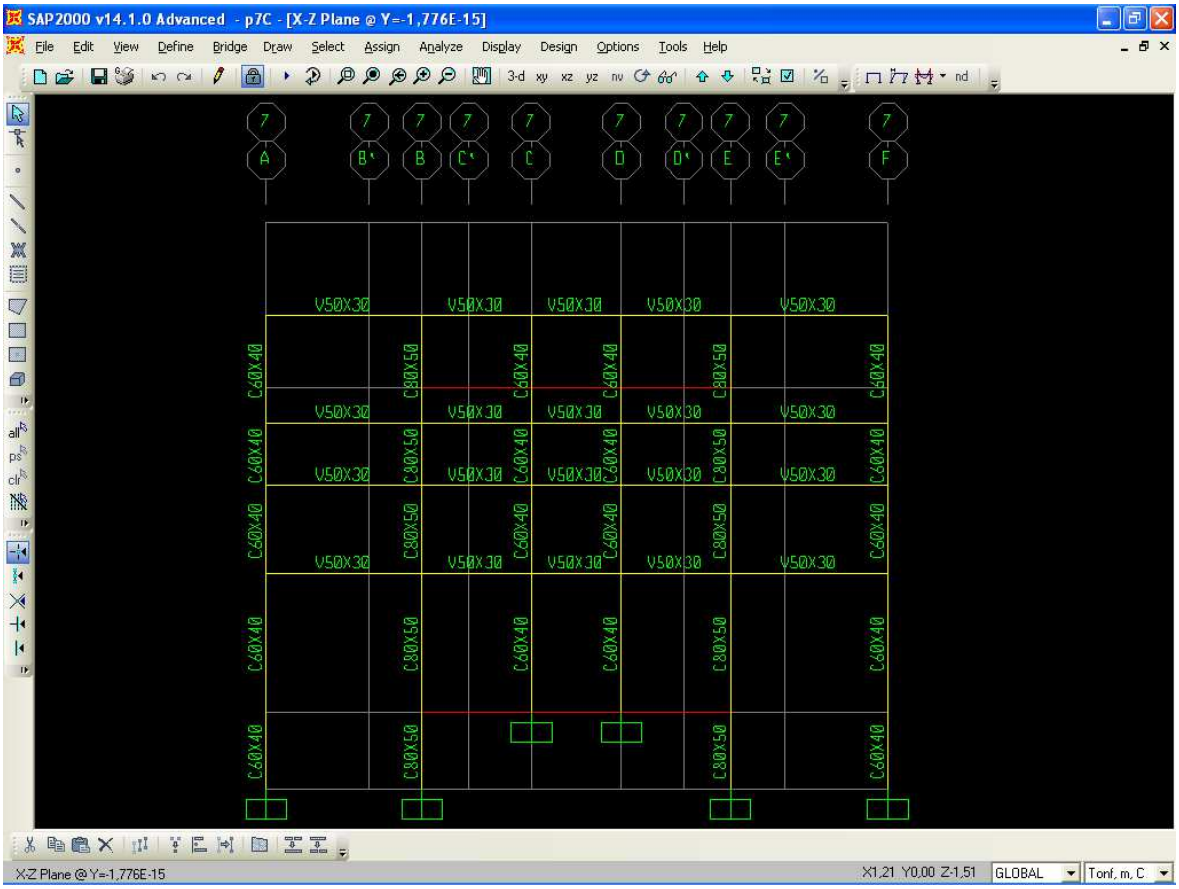
3.5.2. SUPERESTRUCTURA

La estructura planteada, fue modelada con el programa SAP 2000 y analizada para las cargas respectivas de peso propio de los elementos y las cargas de uso.

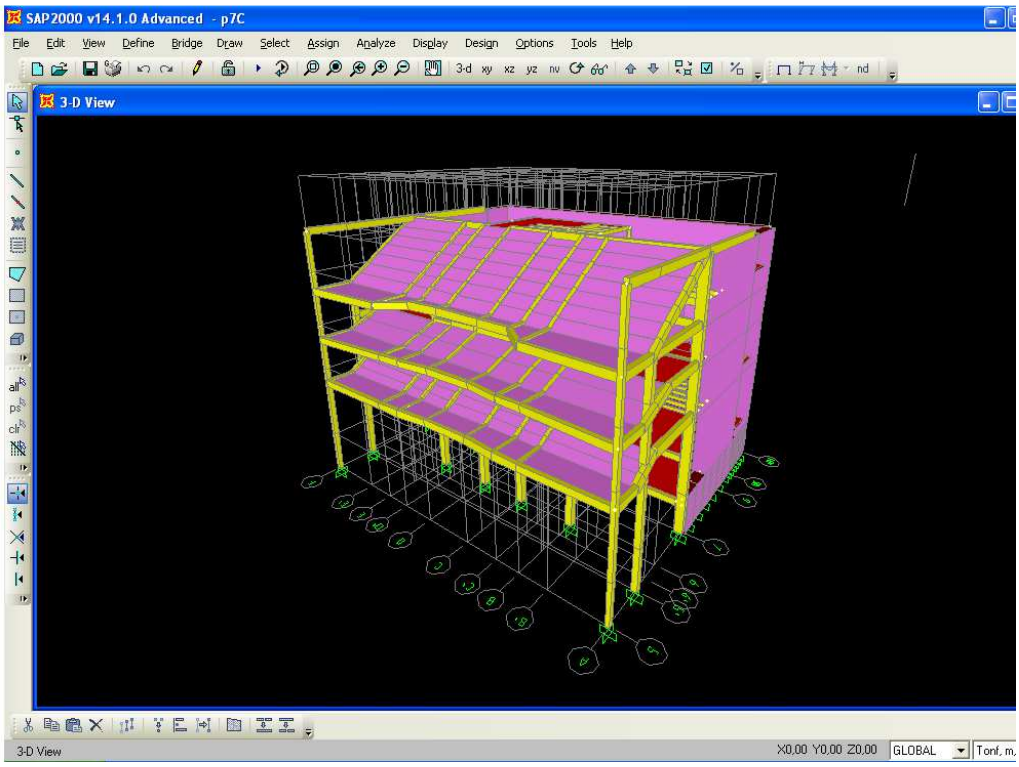
El software utilizado para el diseño permite analizar y diseñar las secciones resistentes para diferentes combinaciones de cargas y adoptar las mejores combinaciones de las armaduras en función de la seguridad.

Considerando que la estructura del Foyer tiene sus complejidades por ser la parte más antigua y la que sin duda es la que tuvo que ser ajustada por el proyecto arquitectónico, en el que el proyecto estructural es importante para el desarrollo de la parte frontal de los graderíos, para nuestra demostración de cálculo, se tomó como referente el Pórtico del eje 7, ya que es el pórtico del que parten las vigas para formar los graderíos y la galería superior.

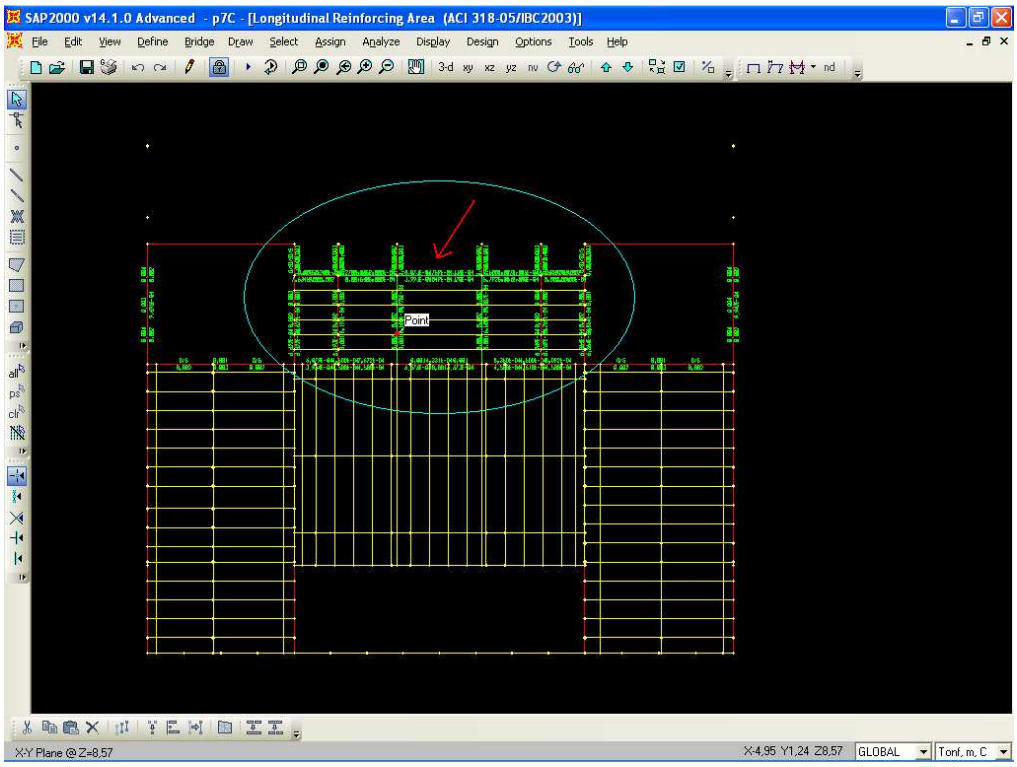
A continuación se presenta la aplicación realizada en el programa SAP 2000, para modelar el Foyer y corroborar el diseño de las secciones utilizadas tanto en vigas como en columnas del Pórtico 7 para la solicitación de las cargas a las que va a estar sometido.



Representación en 3D del Foyer con las solicitaciones de carga, en la que podemos identificar el Pórtico 7 y los elementos estructurales que conforman los graderíos y la galería superior, así podemos visualizar y analizar cada uno de los elementos que fueron elaborados con hormigón armado.



Utilizando una de las aplicaciones del SAP2000, tenemos la representación de la vista en Planta del Nivel + 5,85 metros, correspondiente al Salón Principal y al primer nivel de los graderíos, en donde podemos identificar a la Viga CD del Pórtico 6, viga en la que vamos a realizar nuestra aplicación para someterla al cálculo aplicando el programa:



La Tabla de Resultados que presentamos a continuación corresponde a la Viga CD del Pórtico 6, indicándonos el área que debe tener el acero de refuerzo debido a las solicitaciones de las fuerzas resistentes últimas de corte y momento, dándonos un diseño básico que se lo puede adoptar para colocar la armadura en esa sección de viga.

Concrete Design Data ACI 318-05/IBC2003

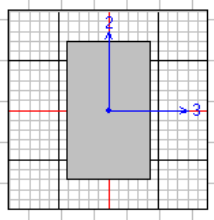
File

Units Kgf, cm, C

ACI 318-05/IBC2003 BEAM SECTION DESIGN Type:Sway Special Units: Kgf, cm, C (Shear Details)

Element	: 36	D=50,000	B=30,000	bf=30,000
Section ID	: V50X30	ds=0,000	dct=5,000	dcb=5,000
Combo ID	: DCON5	E=185903,201	fc=240,000	Lt.Wt. Fac.=1,000
Station Loc	: 358,000	L=358,000	fy=4218,418	fys=4218,418

Phi(Bending): 0,900
Phi(Shear): 0,750
Phi(Seis Shear): 0,600
Phi(Torsion): 0,750



SHEAR/TORSION DESIGN FOR V2 and T

Rebar Av/s	Rebar At/s	Rebar Al	Design Vu	Design Tu	Design Mu	Design Pu
0,053	0,005	5,748	7474,736	23332,156	-633112,2	0,000

Design Forces

Factored Vu	Factored Mu	Capacity Vp	Gravity Vg
2921,681	-633112,2	4546,155	2928,581

Capacity Moment (Left)

Long.Rebar As(Bot)	Long.Rebar As(Top)	Cap.Moment Mpos	Cap.Moment Mneg
2,618	4,500	605737,115	1021786,47

Capacity Moment (Right)

Long.Rebar As(Bot)	Long.Rebar As(Top)	Cap.Moment Mpos	Cap.Moment Mneg
2,507	4,500	580505,901	1021786,47

Design Basis

Design Vu	Conc.Area Ac	Area Ag	Tensn.Rein Ast	Strength Fys	Strength Fcs	LtWt.Reduc Factor
7474,736	1350,000	1500,000	4,500	4218,418	240,000	1,000

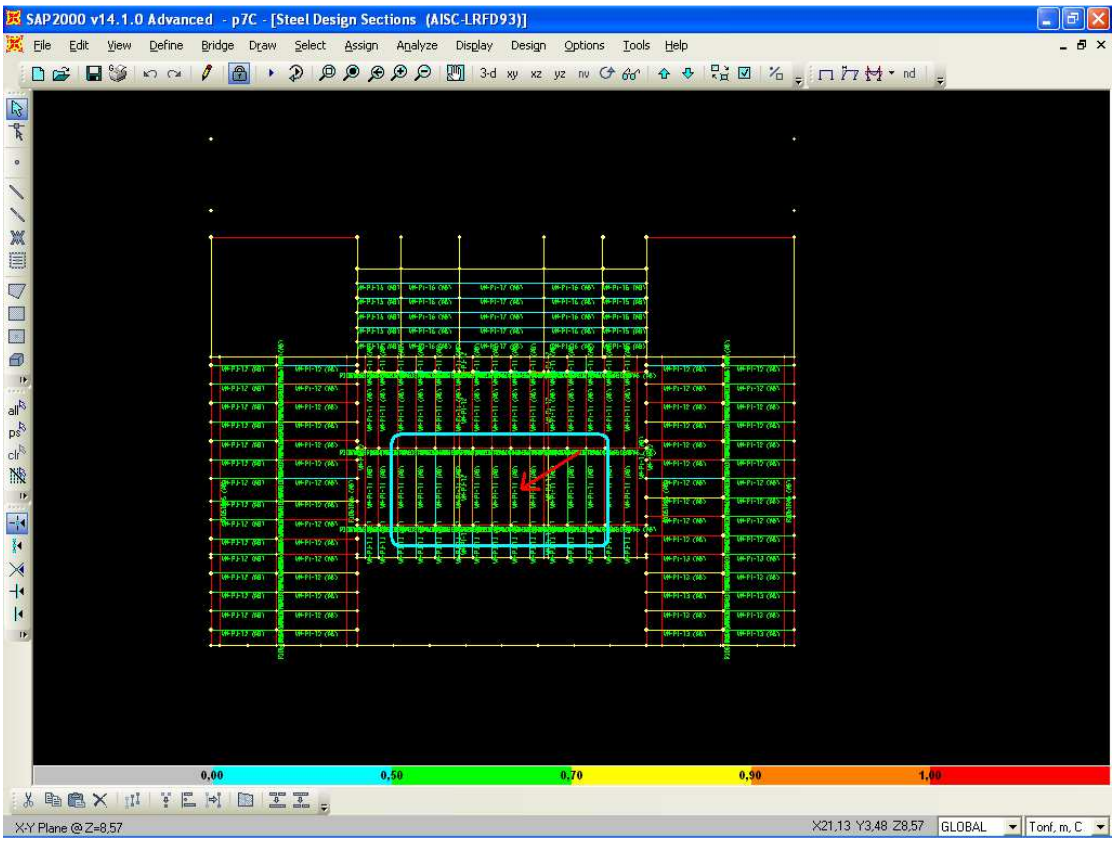
Shear Rebar Design

Stress v	Conc.Cpcty vc	Uppr.Limit vmax	RebarArea Av	Shear Phi*Vc	Shear Phi*Vs	Shear Phi*Vn
5,537	6,162	32,862	0,053	0,000	7474,736	7474,736

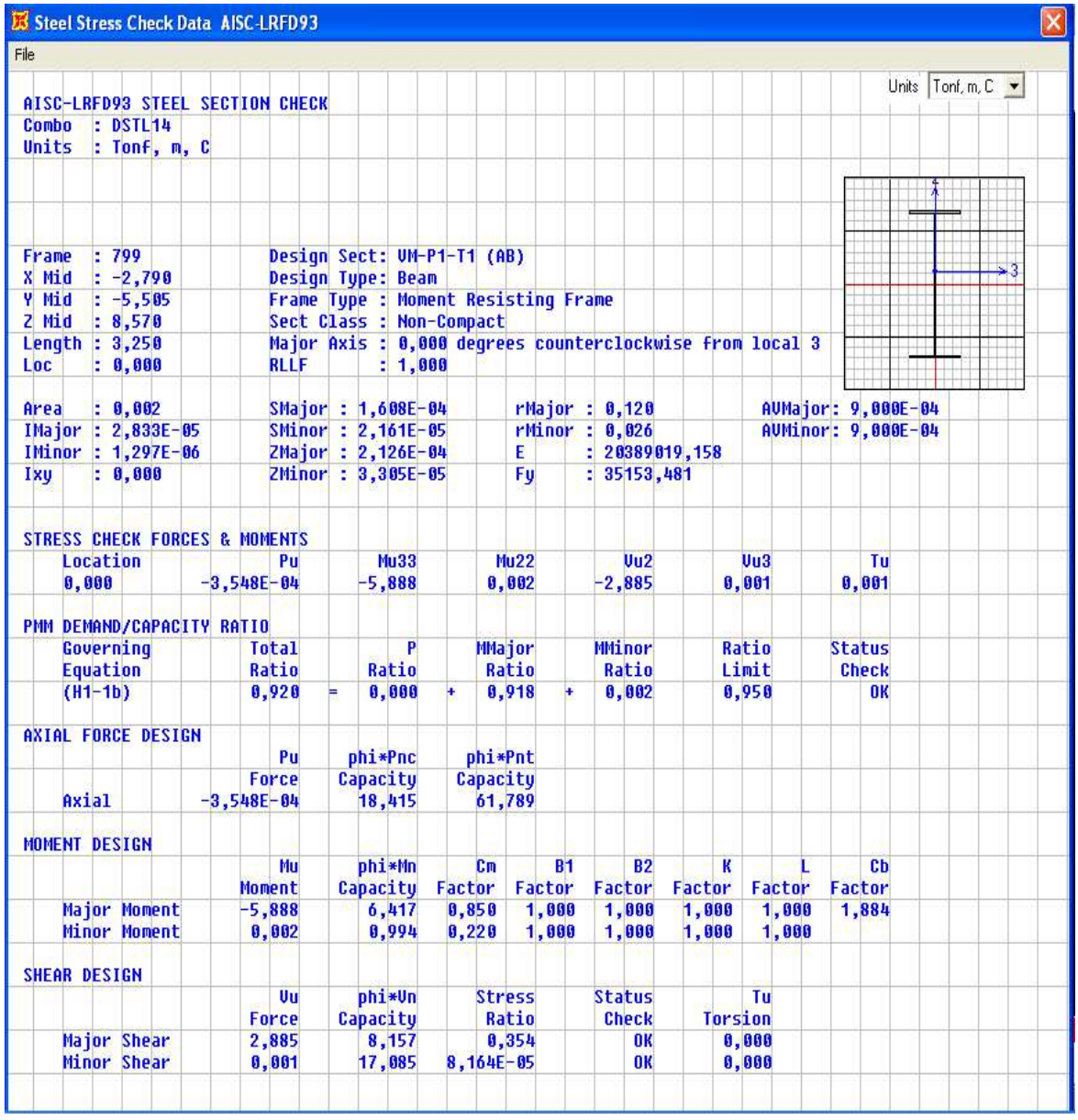
Torsion Capacity

Torsion Tu	Critical Phi*Tcr	Conc.Area Acp	Conc.Area Aoh	Conc.Area Ao	Perimeter Pcp	Perimeter Ph
23332,156	0,000	1500,000	867,832	737,657	160,000	124,440

El recuadro siguiente pertenece al diseño de los elementos de acero que forman parte del Salón Principal en el Nivel + 5,85 metros, uno de los espacios que fue rehabilitado, tomándose en cuenta como una de las áreas que tuvieron que ser consolidadas y reforzadas con elementos de acero.



Igualmente se obtienen los resultados que corresponden al chequeo de los esfuerzos de la viga que forma la estructura para la losa del Salón Principal.



Steel Stress Check Data AISC-LRFD93

File

Units: Tonf, m, C

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
Combo : DSTL14
Units : Tonf, m, C

Frame	: 799	Design Sect: VM-P1-T1 (AB)			
X Mid	: -2,790	Design Type: Beam			
Y Mid	: -5,505	Frame Type : Moment Resisting Frame			
Z Mid	: 8,570	Sect Class : Non-Compact			
Length	: 3,250	Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3			
Loc	: 0,000	RLLF : 1,000			
Area	: 0,002	SMajor : 1,608E-04	rMajor : 0,120	AVMajor: 9,000E-04	
IMajor	: 2,833E-05	SMinor : 2,161E-05	rMinor : 0,026	AVMinor: 9,000E-04	
IMinor	: 1,297E-06	ZMajor : 2,126E-04	E : 20389019,158		
Ixy	: 0,000	ZMinor : 3,305E-05	Fy : 35153,481		

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,000	-3,548E-04	-5,888	0,002	-2,885	0,001	0,001

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio		P Ratio		MMajor Ratio		MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0,920	=	0,000	+	0,918	+	0,002	0,950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-3,548E-04	18,415	61,789

MOMENT DESIGN

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	-5,888	6,417	0,850	1,000	1,000	1,000	1,000	1,884
Minor Moment	0,002	0,994	0,220	1,000	1,000	1,000	1,000	

SHEAR DESIGN

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	2,885	8,157	0,354	OK	0,000
Minor Shear	0,001	17,085	8,164E-05	OK	0,000

3.5.3. SISTEMA DE LA CUBIERTA

La estructura de la cubierta original está conformada por cerchas parabólicas de hormigón armado, formadas por un cordón superior transversal de viga T y un tensor inferior de viga rectangular unidos por montantes verticales acartelados, las vigas están monolíticamente fundidas a las cabezas de las columnas laterales formando un sistema aporticado.

Las nuevas cerchas fueron estructuradas en acero, con perfiles de acero A36, y de lámina delgada.

Estas cerchas de acero aporticadas de la cubierta, fueron calculadas para resistir además de las cargas por peso propio, las cargas dinámicas de diferente naturaleza como las cargas de ceniza y/o granizo, las cargas excéntricas de los voladizos de los palcos laterales; y las solicitaciones de viento y sismo que pueden ocurrir en un tiempo no determinado.



Fotografía 36: Cerchas de acero aporticadas, ubicadas en el tercer nivel alto.

CAPÍTULO 4

PROCESO DE INTERVENCIÓN

Al inicio del proceso de intervención de un proyecto de esta naturaleza, se adoptan todas las medidas pertinentes para preservar la patología, estabilidad y seguridad de la estructura, sometiéndose a las disposiciones especificas establecidas para el efecto, siendo de vital importancia evitar cualquier afectación que durante el proceso de construcción pudiera producirse en la edificación, edificaciones vecinas, en las instalaciones y en los obreros.

Previo al inicio de los trabajos se procedió a la fumigación general de la edificación para eliminar insectos rastreros y ratas que pudieran causar afectaciones en la salud del personal.

También se procede con el chequeo y suspensión de los servicios de luz, agua y teléfonos para evitar cortos y posibles incendios.

Para realizar los trabajos al interior de la edificación primeramente se procedió a la construcción de una sobre cubierta provisional que garantice la protección de la edificación contra las precipitaciones y lluvias, evitando el mayor deterioro de la cubierta y filtraciones al interior de la edificación que pudieran afectar sus muros y estructuras.

Paralelamente se realiza el replanteo de todas las obras de estructura o albañilería de acuerdo con los planos arquitectónicos específicos definitivos del proyecto o del tramo correspondiente, confirmando y verificando su exactitud respecto de la implantación y sus niveles de acuerdo con el diseño.

4.1. ETAPAS

El proceso de intervención considera el desarrollo de etapas bien diferenciadas entre sí de acuerdo a la naturaleza de los trabajos, etapas que se desarrollan secuencialmente en el orden siguiente:

Liberaciones y derrocamientos.
Consolidaciones.
Reforzamiento estructural.
Rehabilitación arquitectónica.
Instalaciones y servicios.
Recubrimientos y Acabados.

4.1.1. LIBERACIONES

El factor de seguridad del personal y de las construcciones aledañas debe ser considerado para llevar a cabo los trabajos de liberaciones y derrocamientos, evitando causar el debilitamiento de los elementos estructurales del proyecto y de las estructuras vecinas mediante el apuntalamiento, sostenimiento y protección adecuados de las estructuras.

Se apuntalan los antiguos palcos, vigas en voladizo y antiguas paredes donde se construirán los nuevos subsuelos del Foyer así como también la antigua boca del escenario, apuntalamiento realizado con pingos (parantes y pares) sujetos entre sí con alambre galvanizado y amarres horizontales que no imposibiliten trabajos posteriores. El ensamblaje se lo realizó con pernos de ½“ de diámetro con tuerca y arandela, con traspase a media madera.

Posteriormente y luego del proceso de consolidación, en el primer nivel de los palcos se realizó el apuntalamiento de la estructura de acero de las vigas principales, trabajo realizado con pingos de 10 cm de diámetro solamente por prevención de posibles cambios de solicitación de esfuerzos.

4.1.1.1. LIBERACIONES ARQUITECTÓNICAS

En este proyecto en particular, hubo que realizar varios trabajos de derrocamientos y liberaciones con la finalidad de recuperar el bien inmueble que había sido adecuado para su funcionamiento como iglesia de algún culto, para rehabilitarlo y recuperarlo para que funcione como Teatro en función de la propuesta y proyecto nuevo aprobado.

Se retiró el apuntalamiento provisional del muro antiguo en el sitio de escaleras de platea sectores norte y sur para ejecutar la construcción del diafragma del ducto de los ascensores.
Se realizaron liberaciones tanto de elementos estructurales así como también de elementos no estructurales como gradas, entrepisos, mamposterías e instalaciones eléctricas y sanitarias, que habían sido construidos con materiales contemporáneos al proceso constructivo inicial del Teatro como son adobes, ladrillos y maderas rollizas y escuadradas, pudiendo señalarse, a manera de ejemplo lo siguiente de varios procesos:

- **Retiro de gradas de madera.-** Se procedió a retirar las gradas de madera de planta baja del Foyer lado norte desde el nivel ±0.00 al nivel +3.60 metros, gradas cuya estructura y escalones eran de madera se procede a su retiro para liberar el espacio físico de acceso lateral norte del teatro y facilitar posteriormente la construcción de las baterías sanitarias nuevas en el subsuelo. Se empleó herramienta manual y el personal adecuado para realizar esta actividad fueron carpinteros, tomándose las medidas necesarias de seguridad y protección para no tener afectaciones futuras.



Fotografía 37: Escaleras de acceso al mezzanine del lado norte del Foyer.

- **Derrocamiento mampostería de ladrillo.-** Se realizó el derrocamiento de mamposterías de ladrillo para facilitar el calzado interior de cimentaciones de las paredes perimetrales de la Platea tanto del lado norte como sur y permitir en la planta del subsuelo del Foyer la construcción de las nuevas baterías sanitarias. Los trabajos se realizan con herramientas adecuadas y tomando las debidas precauciones de seguridad. Las mamposterías derrocadas al no ser elementos estructurales, no afectan a las columnas y vigas del proyecto, en cambio el cuidado fundamental radica en la protección y estabilidad de la mampostería perteneciente a la edificación vecina, considerando estos factores se procede a retirarlas, suministrando la seguridad a los obreros encargados de esta actividad y la herramienta manual adecuada.



Fotografía 38: Derrocamiento de mamposterías para calzados de cimentaciones en la Platea.

- **Liberación de pisos de duela o tablón**.- Se retiraron los pisos de duela del Salón Principal del Foyer, del Mezzanine ubicado en el acceso norte del Teatro, y de los graderíos frontales del Foyer empleando herramienta manual, trabajo ejecutado con la finalidad de realizar el análisis de las estructuras de madera de los pisos para ver si en su estado actual, soportarán las solicitaciones del nuevo proyecto.



Fotografía 39: Retiro de duelas de las galerías.



Fotografía 40: Retiro de pisos de duela del Salón Principal.

- **Retiro de cielo raso de caña chancada.-** Se retiró el cielo raso falso de caña guadua chancada de la terraza exterior del Salón Principal, procedimiento que se realiza con el mayor cuidado de manera que no afecte a otros elementos de la estructura y teniendo cuidado de las instalaciones eléctricas y telefónicas para evitar accidentes con el personal de la obra y percances que afecten a la construcción, para lo cual se toman las medidas de seguridad necesarias.



Fotografía 41: Retiro de caña chancada de los cielos rasos de la terraza de mosaico de cerámica.

4.1.1.2. LIBERACIONES ESTRUCTURALES

La liberación de elementos estructurales requiere de mayor cuidado y la adopción de medidas de seguridad importantes, apuntalamientos y entibamientos principalmente, ya que se procura hacer las liberaciones necesarias para obtener el espacio físico para la implantación y construcción de nuevos elementos estructurales, o a su vez también eliminar elementos estructurales como vigas, columnas y losas con la finalidad de implantar el nuevo proyecto arquitectónico aprobado, dentro de estos procesos podemos mencionar los siguientes trabajos:

- **Retiro de estructura de madera.-** Liberadas las duelas de los pisos, se procedió a retirar las vigas de madera de todos los graderíos y galería superior de la parte frontal interior así como del piso del Salón Principal. El trabajo consiste en liberar las cabezas de las vigas de los muros laterales para posteriormente bajar debidamente asegurada la viga hasta el nivel del piso inferior. El personal de carpinteros empleado tomó las medidas de seguridad necesarias para no provocar la caída de los elementos, asegurándolos adecuadamente a los elementos contiguos del piso.



Fotografía 42



Fotografía 43

Fotografías 42 y 43: Retiro del entrepiso de vigas de madera en los graderíos frontales.



Fotografía 44



Fotografía 45

*Fotografía 44 y 45: R*etiro de estructura de madera en cubierta y palcos.

- **Excavación manual de suelo natural.-** este trabajo fue realizado en la excavación para plintos y cadenas de arriostramiento de las nuevas columnas del lado norte y sur de la Platea, en la plataforma central de la Platea y en subsuelo de las nuevas baterías sanitarias de los sectores norte y sur del Foyer, para facilitar el calzado interior de cimentaciones y permitir construir cadenas de arriostramiento de hormigón armado de 30 x 60 cm entre los plintos aislados de la nueva cimentación de los pórticos, previamente se tomaron medidas de seguridad para la estructura asegurándola con un sistema de apuntalamiento y entibamiento para impedir el debilitamiento del suelo y la posible falla y desplome del mismo.



Fotografía 46



Fotografía 47

Fotografías 46 y 47: Excavación de suelo natural para las cadenas de arriostramiento de la cimentación en la Platea.

- **Picado de hormigón armado.-** Este trabajo fue para liberar los antiguos pórticos (columnas y vigas), pertenecientes a las escaleras de la parte frontal al interior del Foyer, el antiguo pórtico superior (columnas y vigas) de la parte frontal de la boca de antiguo escenario y la losa del antiguo mezanine, trabajos que se realizan con herramientas apropiadas que facilitan la obtención de los resultados esperados como son: un martillo hidráulico, una soldadora (oxicorte), y un Tirfor (sistema mecánico para descender elementos desde altura), además de herramienta manual que permite disminuir el volumen de hormigón y dejar la estructura en esqueleto de acero para facilitar su descenso.



Fotografía 48



Fotografía 49



Fotografía 50

Fotografías 48, 49 y 50: Picado de elementos que conforman las escaleras de acceso a los niveles superiores.

4.1.2. CONSOLIDACIONES

Los trabajos de consolidaciones son necesarias para que los elementos se fijen entre sí mismos y entre los elementos que les rodean para que formen un conjunto sólido y monolítico, dentro de las consolidaciones consideramos las siguientes:

4.1.2.1. INYECCIONES

Uno de los trabajos que se realizan en un proceso de rehabilitación son las inyecciones, las que se efectúan para devolverle a la estructura sus características iniciales de comportamiento estático al resanar las fisuras de menor importancia que se encuentren en los muros portantes o de relleno de la estructura, consiguiendo la consolidación de la fisura y restituyendo la continuidad del elemento. En el Teatro Capitol en particular, no se encontraron fisuras que ameriten de este tipo de intervención, por lo que de manera didáctica exponemos el procedimiento a seguir en este tipo de intervención.

- **Inyecciones de lechadas y morteros de consolidación.-** Para rellenar el espacio dejado por una fisura resultante de la falla de la mampostería, es necesario primero realizar varias pruebas de laboratorio que consideren las características físicas, químicas y mecánicas de la mampostería, luego de lo cual se seleccionan las ***lechadas de cemento*** para ser inyectadas en las fisuras menores a 2 mm de separación, y los ***morteros de cemento – arena*** para los agrietamientos mayores.

  Estas inyecciones no se caracterizan por su gran dureza a corto plazo, sino por su plasticidad, color, y maleabilidad en la aplicación.

  Las lechadas y morteros inyectables necesariamente deben incluir en su dosificación un aditivo expansor, con la única finalidad de estabilizar las inyecciones controlando las expansiones y retracciones al interior de las fisuras.

  A manera de ejemplo y para conocimiento general, podemos mencionar las siguientes dosificaciones de lechadas y morteros de inyección, cuya aplicación fue probada con excelentes resultados en el reforzamiento estructural realizado en la Iglesia de la Recoleta de El Tejar luego del sismo de marzo de 1997.

  Lechada de Inyección (fisuras menores a 2 mm)

  - Un saco de cemento Rocafuerte de 50 Kg
  - 3 % de Intraplast Z de 1.5 Kg
  - 5 % de Sikacrete 950 DP de 2.5 Kg. (silica fume, puzolana industrial)
  - 0,40 litros ó 0,08 de Sikament 320 (fluidificante, aditivo plastificante)
  - 30 litros de agua

  Mortero de Inyección (fisuras mayores a 2 mm, grietas)

  - 1 Cemento
  - 1 Arena
  - 3 % Intraplast Z
  - 30 litros de agua

Para el proceso de inyección, inicialmente se realiza un mapeo de las fisuras, que no es más que la señalización e identificación de las fisuras, luego de lo cual se procede a introducir una manguerilla al interior y a lo largo de todo el recorrido de la grieta o fisura espaciadas longitudinalmente cada 30 centímetros, sellando exteriormente las fisuras con mortero y limpiando el interior de las mismas con un barrido de aire para realizar el humedecimiento con agua previo a la inyección, la cual se realiza desde abajo hacia arriba, usando presiones controladas con manómetros, menores a 3 Kg/cm² evitando de esta manera la microfisuración de la mampostería.

Una vez que la lechada o mortero de inyección emerge por la manguera superior, se procede al tapado de la misma para continuar con la siguiente línea de fisura, y así sucesivamente hasta concluir con la inyección del tramo o vano de mampostería.



Fotografía 51: Mapeo o señalización de fisuras en muros.



Fotografía 52. Colocación de manguerillas en fisuras para inyecciones.



Fotografía 53. Inyección de lechada de consolidación.



Fotografía 54



Fotografía 55

Fotografía 54 y 55: Resultados obtenidos después de la inyección.

4.1.2.2. CALZADOS

- **Calzado de cimentación de piedra.-** Fue ejecutada esta actividad en el lado norte y lado sur en la planta baja de la Platea y Foyer, bajo la cimentación antigua para proporcionar la estabilidad de paredes laterales en sitios donde se construirán nuevas baterías sanitarias (subsuelos). Se empleó herramienta manual y expansor (aditivo) para facilitar una unión monolítica entre la nueva cimentación y la antigua. Especial atención debe ponerse en el apuntalamiento de los elementos al momento de realizar las excavaciones.



Fotografía 56: Calzado de la cimentación de piedra en el Foyer.

- **Calzado de cimentación de columnas.-** Trabajo realizado en las columnas antiguas con la finalidad de llegar al nivel de fundación de las columnas nuevas del reforzamiento estructural del nuevo proyecto, en donde hubo que realizar la excavación hasta el nuevo nivel, retirar la sección de la zapata antigua existente necesaria y proceder a construir el nuevo plinto y tramo de columna, empatar los hierros longitudinales mediante traslapes y el estribo para posteriormente fundir y calzar el tramo de columna utilizando en la parte superior de contacto de los hormigones antiguo y nuevo un aditivo expansor tipo grouting.



Fotografía 57



Fotografía 58

Fotografía 57: Excavación para realizar el calzado de la columna 3´F en la Platea.
Fotografía 58: Calzado de columna 3´F de 40 x 65 cm y plinto aislado 120 x 200 cm.

4.1.2.3. DESCOSIDOS Y COSIDOS

Los trabajos de descosido y cosido consisten en la operación de sustitución o reposición de elementos de mampostería colapsados, partidos, socavados o fisurados y se realizan para corregir estas imperfecciones ocasionadas por el efecto del desarmado de los pisos o por fallas de las mamposterías.

- **Descosidos.-** Este tipo de intervenciones son para aquellos elementos estructurales que han sufrido rotura y trituración de la mampostería en este caso es el hall del foyer en el segundo nivel y en las paredes laterales de la platea, debiendo ser retirados aquellos elementos defectuosos para ser sustituidas posteriormente por elementos de iguales o similares características físicas y de resistencia.



Fotografía 59: Descosidos de mamposterías que dan a la Platea.

- **Cosidos.-** Consiste en la sustitución o reposición de los elementos colapsados por elementos nuevos. La sustitución se iniciará por el área y caras que estuviesen afectadas, siendo sustituidas por un material de iguales o similares características, en este caso se utilizó ladrillo de resistencia mínima de 60 Kg/cm², colocado con mortero de cal, cemento y arena. El trabajo se realiza de abajo hacia arriba hasta completar el área descosida.



Fotografía 60: Cosidos en mamposterías correspondientes a los costados de la Platea.



Fotografía 61: Cosido de muro de ladrillo que da a la Platea.

4.1.3. REFORZAMIENTO

Luego de haber asegurado y realizado la consolidación de la estructura, procede el inicio de la etapa del reforzamiento estructural, el cual se realiza con base en los diseños estructurales concordantes con la propuesta arquitectónica del nuevo proyecto, por lo que se considera la intervención en la cimentación, columnas, vigas, losas y muros para soportar las nuevas solicitaciones a las que va a estar sometido el proyecto.

4.1.3.1. CIMENTACIONES

Como el nivel del subsuelo del nuevo proyecto arquitectónico, se encuentra localizado debajo del nivel de la cimentación existente de los muros de mampostería, para asegurar la estabilidad de la construcción, se planificó respetar las cimentaciones existentes sin afectarlas en el proceso de excavación, diseñando un sistema constructivo de muros de sostenimiento para minimizar los posibles asentamientos del talud desprotegido.

Por lo señalado. Se construyeron muros de sostenimiento de hormigón armado, localizados fuera de las mamposterías de las cimentaciones pero adosados a éstas para producir el efecto

de confinamiento, realizando las excavaciones para los subsuelos y la construcción de los muros en la siguiente secuencia:

- Primero se realizó la excavación en el centro del área de subsuelo, con un retiro mínimo de 1.20 metros desde la cimentación antigua de los muros.



Fotografía 62: Excavación en el centro del área del subsuelo en el Foyer.

- Luego se procedió a la excavación de zanjas alternadas cada 3.0 metros de separación en el muro de retiro, las excavaciones se realizaron hasta el nuevo nivel de la cimentación.

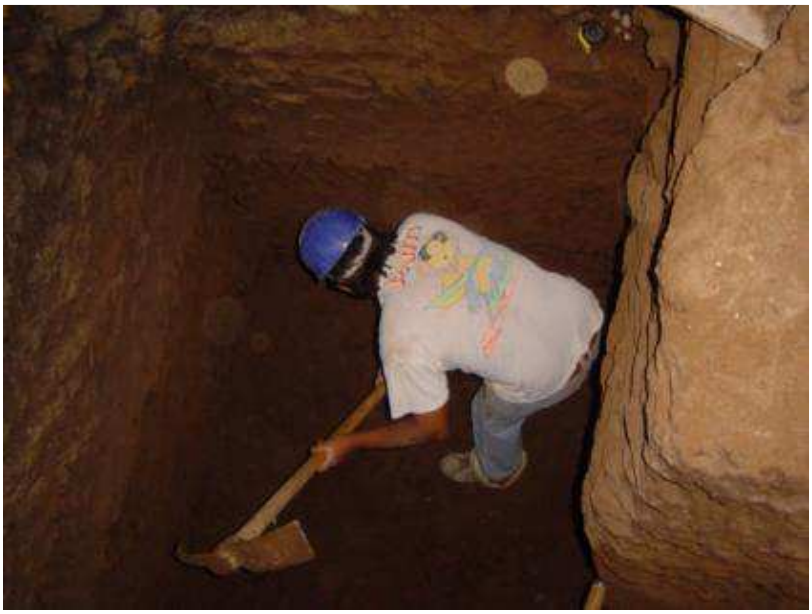


Figura 63: Excavación de zanjas alternadas cada 3.0 metros hasta la cimentación, trabajo realizado en el Foyer.

- En este estado se procedió a realizar el calzado de la mampostería de piedra del muro antiguo desde el nivel nuevo de fundación hasta el muro existente, trabajo realizado en cada tramo de muro excavado, utilizando en la unión de las mamposterías un mortero con un aditivo expansor tipo grouting.



Fotografía 64: Calzado de la mampostería de piedra del muro antiguo en el Foyer.



Fotografía 65: unión de las mamposterías en el Foyer utilizando aditivo expansor.

- Una vez que se tuvo calzada toda la cimentación del muro antiguo hasta el nuevo nivel de cimentación, se procedió al armado de la cimentación y al encofrado del nuevo muro perimetral de sostenimiento, embebiéndose en su espesor las nuevas columnas de reforzamiento del Foyer con sus respectivas cadenas de arriostramiento.



Fotografía 66: Hormigonado de la cimentación en el Foyer.

Finalmente se procedió a asegurar la estabilidad de los muros nuevos con la construcción de las losas de tapa de los subsuelos, conformando así el espacio físico necesario para la implantación de las baterías sanitarias del subsuelo hacia los costados norte y sur del Foyer.



Fotografía 67 Sector sur



Fotografía 68 Sector norte

Fotografías 67 y 68: Losas para asegurar la estabilidad de los muros del subsuelo en el sector norte y sur del Foyer.

Las cimentaciones existentes de las columnas debajo de los graderíos, no pudieron ser conservadas, pues los requerimientos de resistencia de las nuevas solicitaciones de los pisos y dimensiones de los volados de los graderíos sobrepasaron su capacidad de carga, por lo que en su lugar se diseñaron nuevas columnas y nuevos plintos aislados de acuerdo con la resistencia del terreno y los requerimientos de flexo compresión para las columnas.

Las cimentaciones de los muros laterales de la Platea demostraron tener la capacidad suficiente para las nuevas solicitaciones, por lo que fueron reutilizadas en el nuevo planteamiento estructural, planteándose para las nuevas columnas de reforzamiento intercaladas entre las columnas antiguas, la construcción de zapatas adicionales adosadas a las cimentaciones existentes.

4.1.3.2. VIGAS

En los niveles superiores del Foyer, el estudio del reforzamiento estructural consideró la construcción de nuevos pisos con la finalidad de mejorar la estabilidad de los muros soportantes y la servicialidad de los pisos para controlar las deformaciones y vibraciones en los nuevos ambientes como el Salón Principal y el Mezzanine, haciendo un piso duro compatible con el nuevo uso de éstos ambientes para salones, baterías sanitarias, balcones y accesos.

Así se diseñaron pisos de madera con terminados de tabloncillos o parquet sobre dos tableros de madera contrachapada, apoyados directamente sobre un entramado de vigas y correas metálicas, o también soportados por una loseta de hormigón (deck) fundida sobre el entramado de vigas y correas metálicas, y también los pisos duros de cerámica colocada sobre una loseta de hormigón (deck) fundida siempre sobre el entramado de vigas metálicas.

- **Vigas metálicas.-** Se utilizaron vigas metálicas para la estructura de los entrepisos en lugar de la antigua estructura de pisos de madera, con lo cual se cubrió adicionalmente la probabilidad de crecimiento y cambios en las solicitaciones y cargas. Estas vigas fueron colocadas en todos los entrepisos del Foyer, sobre una cadena embebida en los muros laterales y en los mismos espacios donde fueron retiradas las vigas de madera, siendo además una solución práctica para cubrir las dimensiones de las luces de los ambientes.



Fotografía 69: Colocación de vigas metálicas en el Salón Principal.



Fotografía 70: Ubicación de las vigas metálicas en los mismos espacios que las vigas de madera retiradas, primer y tercer piso alto.



Fotografía 71: Vigas metálicas del tercer nivel.

Las vigas metálicas para los palcos se soldaron a collarines metálicos colocados alrededor de las columnas laterales del teatro, estas vigas antes de realizar el montaje se dieron dos manos de anticorrosivo con soplete y además fueron colocadas a distinto nivel para conseguir visualizar el escenario.



Fotografía 72



Fotografía 73



Fotografía 74



Fotografía 75

Fotografía 72, 73, 74 y 75: Vigas metálicas soldadas a collarines colocados en columnas laterales a la Platea y formación de toda la estructura de los palcos.

4.1.3.3. COLUMNAS

Las columnas de los subsuelos fueron estructuradas de acuerdo con los requerimientos arquitectónicos y estructurales del nuevo proyecto, en todo momento se respetó las construcciones existentes y solamente se añadieron elementos nuevos cuando las condiciones de resistencia y estabilidad no satisfacían el requerimiento de seguridad.

En el Foyer, como ya lo mencionamos al hablar de la cimentación, los requerimientos de resistencia debido a las nuevas solicitaciones de los pisos y dimensiones de los volados superaron la capacidad de carga de la estructura antigua, por lo que en su lugar se diseñaron nuevas columnas y nuevos plintos aislados de acuerdo con la resistencia del terreno y los requerimientos de flexo compresión para las columnas, siendo importante señalar que algunas columnas nuevas fueron implantadas embebidas en los muros de mampostería, alineadas con los muros del subsuelo que fueron utilizados como cimentaciones.



Fotografía 76



Fotografía 77



Fotografía 78

Fotografía 76, 77 y 78: Picados en mampostería para implantar las columnas de reforzamiento en el Foyer.

En la Platea reutilizamos las columnas existentes de hormigón de los muros laterales ya que por un lado, constituyen los pórticos con las estructuras reticulares en arco de la cubierta y además, sirven de apoyos empotrados para los volados de los palcos, sin embargo, adicionalmente y para facilitar la estructuración de los nuevos volados para los palcos, se incluyeron nuevas columnas de hormigón armado en los muros laterales, intercaladas entre las columnas antiguas, a las mismas que para su estabilidad hubo que aporticarlas con nuevas estructuras en arco a nivel de la cubierta.



*Fotografía 79: Columnas nuevas i*ntercaladas entre las columnas antiguas en la Platea.



Fotografía 80: Columnas nuevas aporticadas con nuevas estructuras en arco a nivel de cubierta, sector de la Platea.

4.1.3.4. LOSAS

El estudio del reforzamiento estructural en el Foyer, consideró la construcción de nuevos pisos con la finalidad de mejorar la estabilidad de los muros soportantes, consiguiendo pisos duros con acabados de madera o de cerámica soportados por una loseta de hormigón (deck) apoyada sobre una estructura principal de acero, formada de vigas y correas metálicas.

Para la construcción de las losetas y losas de hormigón sobre el entramado de vigas y correas de acero, utilizamos las placas de acero, material más conocido como Deck, que se caracteriza por aumentar la capacidad de carga y resistencia de las losas reemplazando el hierro de refuerzo, con menor peso y dando más rapidez y limpieza a los trabajos.

- **Losas Deck.-** Estas placas de acero, que se las encuentra de diferentes espesores de acuerdo con las solicitaciones y la separación de las correas, se fija sobre las vigas metálicas a través de los conectores de transmisión de esfuerzos, a los cuales se fija la malla electrosoldada tipo Armex, pudiendo además colocarse varillas de refuerzo adicional de acuerdo con las necesidades para finalmente realizar el vaciado del hormigón premezclado, obteniendo los espesores solicitados en la fundición de la losa.



Fotografía 81



Fotografía 82

Fotografía 81 y 82: Deck metálico colocado en el primer y tercer nivel alto.



Fotografía 83: Hormigonado de losas sobre deck..

Luego del reforzamiento estructural, realizamos la **Rehabilitación Arquitectónica** del proyecto, que consiste en conformar y habilitar los espacios físicos de acuerdo con la nueva propuesta aprobada, asegurando siempre la funcionalidad, operatividad y servicialidad del proyecto, por lo tanto se realizarán los trabajos necesarios para conformar la estructura del

diseño arquitectónico, la cual la conformamos con paredes, tabiques, divisiones, gradas, ductos, pisos y losas.

Concomitantemente con el avance de la obra, se realizarán los trabajos para la construcción de las **Instalaciones y Servicios** del teatro, siendo de vital importancia dejar ductos y pasos para la instalación de las canaletas y tuberías de las instalaciones eléctricas, electrónicas, hidrosanitarias, de agua potable y de ventilación mecánica.

Finalmente viene la etapa de **Recubrimientos y Acabados**, en la que se "viste" al teatro de acuerdo con los acabados especificados en la propuesta para los pisos, paredes y cielos rasos, teniendo especial dedicación en su condición de teatro, los acabados del Foyer, la Platea y el Escenario, en donde los materiales deben considerar la capacidad acústica y sonora del teatro.

CAPÍTULO 5

5.1. CONCLUSIONES

Las estructuras históricas tienen un valor cultural y patrimonial en sí mismas, por lo que deben ser conservadas como tales y no únicamente como soporte del resto del material histórico o cultural contenido en el edificio. El valor cultural de las estructuras, como en el patrimonio cultural en general, viene reforzado por la autenticidad de sus caracteres distintivos (materiales, morfología, organización, mecanismos resistentes) los cuales, por tanto, deben ser respetados.

Es importante conocer los orígenes de la edificación ya que de esta información podremos recoger valiosos datos que nos servirán para recuperar en la edificación, después del proceso de intervención, algunas de las características que le hicieron distintivo al bien en su época.

Los trabajos de levantamiento estructural y arquitectónico así como los trabajos de exploración para la extracción y toma de muestras, fueron de vital importancia para obtener una evaluación adecuada sobre la situación real del estado del bien, sobre la vulnerabilidad de la estructura y sobre el proceso de reforzamiento y rehabilitación a realizarse para la recuperación del Teatro Capitol.

Para ello los procedimientos llevados a cabo, fueron en primer lugar proteger la estructura y luego consolidar y reforzar el bien Patrimonial, siguiendo todos la misma filosofía: colocar las más modernas técnicas y tecnologías al servicio de la construcción, a fin de respetar el valor histórico de la edificación antigua y obtener adecuados niveles de seguridad, tratando de alterarla lo menos posible de su concepción original.

En esta edificación se trató de utilizar el criterio de la mínima intervención, es decir, el que menos elementos afecta para realizar esta rehabilitación, con la utilización de materiales contemporáneos a los originales y también de características actuales y modernas cuya incidencia mecánica y presencial no será lesiva tanto para los materiales existentes como para los propios espacios sobre los que se intervino.

La utilización de estructuras de acero formadas por elementos prefabricados, nos permitió, además de que la velocidad de montaje de estas queden reducidas a un tiempo muy corto acelerando el proceso de intervención, respetar los ambientes arquitectónicos de la nueva propuesta, la cual consideraba amplios ambientes y salones con grandes luces y alturas que no permitían la utilización de nuevas estructuras.

La propuesta de rehabilitación arquitectónica debe ser realizada en base a las condiciones que se encuentre la edificación, de esta manera se ajustarán los nuevos ambientes propuestos sobre los existentes, los mismos que se adaptarán y serán compatibles con la edificación.

La comprobación y evaluación del sistema estructural fue realizada utilizando el Programa SAP2000, lo cual debido a la facilidad de su aplicación me permitió ratificar el diseño estructural del reforzamiento, y, determinar que cada elemento es capaz de soportar las nuevas condiciones de carga demandadas en la propuesta de intervención así como las resultantes de las acciones de la naturaleza.

El empleo de materiales como acero y hormigón no distorsionan su uso con materiales tradicionales como adobe, ladrillo y madera. Existe una gran adaptabilidad y un comportamiento casi monolítico de estos frente a las solicitaciones de cargas actuantes y existentes.

Los diferentes trabajos que se realizan en la Rehabilitación Integral de un Bien Patrimonial, deben realizarse de manera secuencial en cada una de las etapas, en cada una de las cuales se deben adoptar medidas de seguridad importantes para preservar la estabilidad de la estructura misma, de las edificaciones vecinas y del personal de intervención.

5.2. RECOMENDACIONES

El reforzamiento y rehabilitación de un bien patrimonial, debe ser llevado a cabo por grupos multidisciplinarios de técnicos expertos y obreros, conocedores de las patologías, características y técnicas de restauración y rehabilitación de bienes patrimoniales así como de las propiedades de los materiales originales y su compatibilidad con el uso de nuevos

materiales, que reconozcan los valores culturales e históricos de las estructuras y la imperiosa necesidad de respeto a la identidad cultural.

El diagnóstico de la situación real del bien (levantamiento estructural y arquitectónico), al inicio de la intervención, debe ser realizado por profesionales de la arquitectura e ingeniería conocedores de restauración y rehabilitación de bienes patrimoniales, puesto que de estos estudios dependerán la profundidad y características de la intervención y reforzamiento a realizarse en el bien, así como la utilización de los materiales adecuados para no ser nocivos a la naturaleza de la estructura.

Al inicio de un proceso de intervención, se deberá primeramente proteger la estructura de mayores daños o de un posible colapso, para luego realizar los trabajos propios de consolidación y reforzamiento, poniendo especial cuidado en la seguridad de la edificación así como en las edificaciones colindantes y en la de los obreros de la intervención.

En los proceso de reforzamiento y rehabilitación de bienes patrimoniales, se pueden emplear materiales como el acero y hormigón armado, puesto que su gran adaptabilidad hace que se produzca un comportamiento monolítico junto con los materiales tradicionales frente a solicitaciones de carga actuantes.

Para los estudios de reforzamiento estructural, es recomendable la utilización del programa SAP2000, cuya versatilidad nos permite, comprobar y verificar el comportamiento de la estructura frente a las nuevas solicitaciones y estados de carga de la nueva propuesta, realizando las iteraciones necesarias para evitar el colapso de la estructura a través del diseño del reforzamiento estructural necesario para asegurar la estabilidad del bien.

Los procesos y técnicas constructivas analizadas en este trabajo son aplicados para la Rehabilitación Integral de un Bien Patrimonial y pueden ser tomadas como referencia para realizar cualquier trabajo relacionado con el tema.

Como corolario de este trabajo, y dado que las Edificaciones Patrimoniales forman parte de nuestra cultura, invito a todos los presentes, relacionados o no con las tareas de reforzamiento y rehabilitación estructural, así como a las entidades y autoridades encargadas de hacerlo, a mantenernos vigilantes por el estado de conservación y mantenimiento de nuestros monumentos y bienes patrimoniales, realizando los trabajos que técnicamente sean necesarios para mantener vigentes estos monumentos que serán nuestro legado para la posteridad y para nuestros hijos, manteniendo siempre viva la frase de Quito Patrimonio Cultural de la Humanidad.

BIBLIOGRAFÍA

- **Andino, Ana Lucía**, *Trabajos preliminares, liberaciones y consolidación estructural*, Fondo De Salvamento Del Patrimonio Cultural, Quito, 2008.

- **Donald R. Askeland, Pradeep P. Phulé**, *Ciencia e ingeniería de los materiales*, México, Internacional Thomson Editores S.A., 4ta, 2004

- Informes de fiscalización de la compañía **Ing. Gonzalo Bueno & Asociados Cía. Ltda.**

- **Sevilla Pallares, Carlos**, *Rehabilitación Integral Teatro Capitol*, Quito, 2008.

- **Varios Autores**, *Reforzamiento Estructural en las Edificaciones Patrimoniales*, Quito, FONSAL, 2004.

La Evolución de las Intervenciones Estructurales en Centro Histórico de Quito
Ing. José Chacón Toral

Reflexiones sobre el patrimonio
Arq. Michel Bonnette

Las Estructuras de madera de la antigüedad
Arq. Ing. Gennaro Tampone

Causas de las Fallas en el Coliseo a lo largo de los siglos y evaluación de los niveles de seguridad
Arq. Ing. Giorgio Croci

Criterios para evaluar las patologías en la construcción de tierra en zonas sísmicas
Ing. Mario Morán

Reforzamiento Estructural de la Iglesia de la Compañía
Ing. Patricio Placencia Andrade

La Restauración de la Basílica de San Francisco de Asís

Arq. Ing. Giorgio Croci

Reforzamiento Estructural de la Iglesia de la Recoleta de El Tejar

Ing. Oscar Argoti

(Ing. Gonzalo Bueno y Asociados Consultores Cía. Ltda.)

Proyecto de Restauración Estructural de la Torre de la Merced

Ing. Manuel Eduardo León Crespo

Arq. Héctor Vega Quinteros

- http://www.slideshare.net/pazturri/quito-ecuador
- http://www.todacultura.com/movimientosartisticos/artnouveau.htm
- http://www.tiwy.com/pais/ecuador/quito/centro_historico/esp.phtml
- www.ecuadorinmediato.com/Noticias/new
- http://actualidad.orange.es/cultura/declaran-oficialmente-quito-como-capital-americana-cultura-2011.html