



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

TITULO:

Reforzamiento de Losa Maciza Considerando la Edad de la Estructura del Edificio
de la Gobernación del Guayas Bloque Sur Este

AUTORA:

Ing. Vergara Rojas, Nelva Adelaida

EXAMEN COMPLEXIVO

“MAGISTER EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN”

TUTOR:

Ing. Villacrés Sánchez, Alex MSc.

Guayaquil, Ecuador

2016



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Nelva Adelaida, Vergara Rojas, como requerimiento para la obtención del Título de “Magister en Ingeniería de la Construcción”.

TUTOR

Ing. Villacrés Sánchez, Alex MSc.

DIRECTOR DE LA MESTRIA

Ing. Mercedes Beltrán Velásquez, MSc.

Guayaquil, a los 25 días del mes de Abril del año 2016



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Vergara Rojas, Nelva Adelaida

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación “Reforzamiento de Losa Maciza Considerando la Edad de la Estructura del Edificio de la Gobernación del Guayas Bloque Sur Este” previo a la obtención del Título de Magíster en Ingeniería de la Construcción, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las paginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación, de tipo práctico referido.

Guayaquil, a los 25 días del mes de Abril del año 2016

LA AUTORA:

Ing. Vergara Rojas, Nelva Adelaida



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

AUTORIZACIÓN

Yo, Vergara Rojas, Nelva Adelaida

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación “Reforzamiento de Losa Maciza Considerando la Edad de la Estructura del Edificio de la Gobernación del Guayas Bloque Sur Este”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 25 días del mes de Abril del año 2016

LA AUTORA:

Ing. Vergara Rojas, Nelva Adelaida

RESUMEN

El presente trabajo propone dar a conocer que mediante el reforzamiento en construcciones históricas es posible su restauración parcial o total de cualquier edificación, reponiendo las deficiencias de cada uno de sus elementos que lo conforman.

Mediante el análisis elástico de una losa apoyada en sus cuatro lados, se obtiene los esfuerzos de tracción, compresión y cortante, los mismos que son diseñados mediante el método ASD (Diseño por Esfuerzos Permisibles), regulada por la Norma AISC.

Mediante un reforzamiento con estructura metálica, se logra de manera práctica, operativa y sencilla aumentar las características mecánicas de los diferentes elementos estructurales resistentes, además de fortalecer los miembros estructurales, aumentan globalmente el comportamiento de la estructura. Además se obtiene la gran ventaja de reforzar una estructura sin derrocamiento de sus elementos principales como son vigas y columnas, aumentando de esta manera una mayor capacidad de resistencia y rigidez estructural.

Palabras Claves: Reforzamiento, Análisis, Diseño, Esfuerzos Compresión, Tracción y Cortante, Estructura Metálica.

ABSTRACT

This paper aims to raise awareness that by strengthening in historic buildings is possible partial or complete restoration of any building, replacing the deficiencies of each of its elements that comprise it.

By elastic analysis of a slab supported on four sides, the tensile, compression and shear is obtained, the same that are designed by ASD (allowable stress design), regulated by the Standard AISC.

By reinforcing metal structure, it is achieved in practice, operational and easily increase the mechanical characteristics of the various structural elements resistant, and strengthen structural members, increase overall behavior of the structure. Besides the advantage of reinforcing a structure without toppling of its main elements they are beams and columns, thereby increasing greater resilience and structural rigidity is obtained.

Keywords: Reinforcement, Analysis, Design, Efforts compression, tension and shear, Steel Structure.

INDICE GENERAL

RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
CAPITULO I.....	1
1.1 INTRODUCCION.....	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 JUSIFICACION DEL TEMA	5
1.4 OBJETIVOS.....	6
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
CAPITULO II.....	7
MARCO TEORICO	7
2.1 ACERO ESTRUCTURAL.....	7
2.1.1. PROPIEDADES MECÁNICAS:.....	9
2.1.2. VENTAJAS DEL ACERO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL	10
2.1.3. DESVENTAJAS DEL ACERO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL:.....	11
2.1.4. TIPOS DE ACERO MODERNOS	11
2.2 CORROSIÓN EN ARMADURAS.....	12
2.3 CONCRETO SIMPLE	13
2.4 LOSAS BIDIRECCIONALES APOYADAS SOBRE VIGAS.....	14
2.4.1. TENSIONES EN PLACAS DELGADAS.....	14
2.4.2. MAXIMAS DEFLEXIONES EN LOSAS MACIZAS.....	16
2.4.3. ARMADURA MINIMA EN LOSAS MACIZAS.....	18
2.4.4. ARMADURA MAXIMA EN LOSAS MACIZAS	19
2.4.5. RECUBRIMIENTO MINIMO:	20
2.4.6. ARMADURA DE TEMPERATURA Y RETRACCION DE FRAGUADO:	20
CAPITULO III.....	22
CONDICION DE ANALISIS.....	22
3.1 FLEXIÓN SIMPLE EN ELEMENTOS DE ACERO.....	23
3.2 METODOS DE DISEÑO.....	23
3.3 CARGAS ACTUANTES.....	25
3.4 DISEÑO ELÁSTICO	25
3.4.1. CLASES DE ESFUERZOS.....	26
3.4.2. CONSTANTES DEL ACERO	27

3.4.3.	MOMENTO DE INERCIA	27
3.4.4.	ESFUERZO CORTANTE	28
3.4.5.	FLECHAS EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA REPARTIDA.	28
3.4.6.	CONEXIONES SOLDADAS	29
CAPÍTULO IV		30
ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA LOSA BIDIRECCIONAL		30
4.1	COMBINACIONES DE CARGAS DE DISEÑO	30
4.2	ANÁLISIS DE LOSA MACIZA APOYADA EN SUS CUATRO LADOS	30
4.3	MÉTODOS DE DISEÑO.....	31
4.3.1	MÉTODO DE DISEÑO DIRECTO.....	31
4.3.2	DESARROLLO DEL DISEÑO DE LOSA	32
CAPÍTULO V		36
REFORZAMIENTO DE LOSA CON NERVIOS METÁLICOS		36
5.1	ANÁLISIS POR FLEXIÓN	36
5.1.1	DISEÑO DEL ELEMENTO	37
5.2	ANÁLISIS Y DISEÑO DEL ESFUERZO CORTANTE.....	39
5.3	COMPROBACIÓN DE FLECHAS	40
5.4	ACERO POR RETRACCIÓN Y TEMPERATURA	40
CAPÍTULO VI		41
PROCESO DE REPARACIÓN DE LOSA MACIZA		41
CAPÍTULO VII		44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		46

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCION

Al realizar rehabilitaciones o remodelaciones en edificios se pretende demoler la menor cantidad de elementos estructurales posible, sean estos vigas, columnas, losas, sistemas de cubierta, etc; por lo que es necesario realizar reforzamientos específicos con el objeto de minimizar los costos y en muchos casos los tiempos de construcción.

Cuando los edificios rehabilitados o remodelados son de importancia cultural y/o histórica, la premisa es mantener la estructura original y readecuar sus espacios si sus fines son diferentes a los que originalmente se concibieron. Sin embargo, de acuerdo a su edad, a su proceso constructivo, a las cargas a las que estuvo expuesto, aunado a los agentes externos presentes en el ambiente, se pueden presentar corrosiones, daños en los recubrimientos, grietas, fisuras, deformaciones, etc.

Se realizan reforzamientos de columnas y vigas, dependiendo del tipo de material con el que el edificio fue construido originalmente. Para el caso del hormigón es muy común el aumento de sección; en el caso del acero, adicionar elementos metálicos para cubrir las condiciones del proyecto. Para el caso de las losas no se pueden aumentar sección, ya que el aumento del peralte genera más peso a la estructura; en el caso de rehabilitaciones o remodelaciones donde se desea realizar reforzamientos, es hacerlo lo más liviano posible, por lo que en este estudio se pretende mostrar un ejemplo real de reforzamiento de losa aplicado a un edificio considerado como Patrimonio Cultural Arquitectónico del Ecuador.



Figura 1.1 Edificio de la Gobernación del Guayas



Figura 1.2 Ubicación del Edificio

1.2 ANTECEDENTES

El Gobierno Central de Ecuador a través de la Unidad de Gestión de Proyectos de Emergencia del Ministerio de Patrimonio Cultural, ha tenido la visión de reutilizar edificios antiguos mediante restauraciones arquitectónicas que a su vez conllevan a subsanar estructuralmente los edificios.

El Edificio del Palacio de la Gobernación del Guayas fue construido entre los años 1923 y 1924 por el arquitecto Alemán Augusto Ridder, siguiendo el trazado original del ingeniero italiano Mario Gherardi. El 26 de marzo de 1923 se dio inicio la construcción de la obra y fue inaugurada al siguiente año. Las fachadas principales se ubican hacia el lado Este y el Oeste, el edificio consta de cuatro bloques unidos por unos pasillos y en el centro se tiene un gran vacío a triple altura cubierto con una estructura de hierro y vidrio. Los ingresos al pasaje se remarcan por una especie de “arcos de triunfo”, conformados por grandes columnas de fuste liso y capiteles compuestos que sostienen unos arcos de medio punto en cuya clave encontramos relieves que representan el escudo nacional. En sus fachadas se tienen grandes ventanas rectangulares enmarcadas con molduras y ubicadas simétricamente. Existen elementos decorativos en la fachada como son pilastras con capiteles que sobresalen en sus fachadas.

El estilo de la arquitectura del palacio de la Gobernación del Guayas es de estilo neoclásico.



Figura 1.3 Edificio de la Gobernación del Guayas

Mediante observaciones realizadas durante la remodelación se pudo constatar visualmente que la estructura fue concebida como un sistema de pórticos, es decir, formado por columnas y vigas. Presenta losa maciza, escalera de hormigón armado y muros de mampostería.

Cuando una estructura se encuentra en lugares salinos y/o húmedos, sufre oxidación en el acero de los elementos estructurales, sino se encuentran debidamente protegido, o con mantenimientos periódicos. Pueden aparecer fisuras y hasta la rotura del recubrimiento en elementos de hormigón armado. La oxidación en el acero de refuerzo en estructuras de hormigón hace que se pierda su adherencia y sección, con lo que disminuye su resistencia.

Visualmente se pudo observar que la estructura del edificio presentaba deterioro debido al transcurso de los años, al medio de salinidad y humedad; como son fisuras, desprendimiento de recubrimientos y corrosión en el acero (Figuras 1.4 al 1.7).

Antes de iniciar la remodelación, las condiciones del hormigón armado no eran las mejores, se presentaban desprendimientos de recubrimientos, corrosión del acero, losas flexadas.



Figura 1.4 Corrosión en losa



Figura 1.5 Corrosión en vigas



Figura 1.6 Corrosión en losa



Figura 1.7 Corrosión en losa

Las condiciones que presentaban las losas hacían suponer que no resistirían las nuevas condiciones de servicio, ya que el objetivo de la remodelación fue reutilizar el edificio en actividades culturales y educativas. Condiciones muy diferentes para las que originalmente fue concebido el edificio.

El Palacio de la Gobernación del Guayas está considerado como Patrimonio Cultural del Ecuador por lo que no había posibilidad de demolición, y al ser necesario su remodelación y rehabilitación se propuso un reforzamiento con estructura metálica en todos sus elementos estructurales.

La estructura del edificio estaba en una situación precaria, sus vigas y columnas fueron reforzadas con estructura metálica, para soportar las nuevas condiciones de carga y deflexiones actuales. Se implementó un sistema de nervios metálicos para soportar la losa existente y así evitar su demolición. Este sistema se apoya en el reforzamiento metálico de las vigas de hormigón.

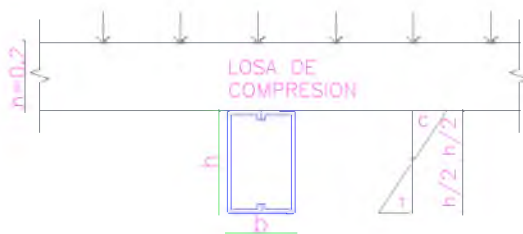
Por tal motivo el presente trabajo está enfocado en mostrar un tipo de reforzamiento de losa aplicando procedimientos de análisis y diseño estructural. Para este tipo de edificación se consideró adecuado aplicar este sistema de nervios metálicos en la losa existente.

1.3 JUSTIFICACION DEL TEMA

Tratándose de un edificio antiguo, sus materiales ya cumplieron su vida útil, las nuevas condiciones de uso y sus condiciones actuales, hizo que sea necesario un reforzamiento integral de la estructura.

Por la necesidad de reforzar y rehabilitar las estructuras y tratándose de un edificio patrimonial de muchos años, se ha buscado métodos y materiales que sean una alternativa eficiente y rentable, sobre todo con la finalidad de tener elementos resistentes, durables, minimizar los tiempos de construcción, capaces de absorber y disipar energía, por lo que se ha considerado el acero como material de reforzamiento.

Al considerarse el acero como material de reforzamiento, un mecanismo para su aplicación es la incorporación de elementos metálicos tipo cajón espaciados bajo la losa apoyados en los reforzamientos de las vigas existentes.



Para el diseño de los elementos metálicos a colocarse como refuerzos, se desprecia el trabajo de la losa maciza existente, debido sus condiciones de resistencia, por lo tanto la losa se considera como una carga muerta repartida que se apoya sobre los nervios de refuerzo. Estos nervios vienen a trabajar como un sistema de apuntalamiento bajo la losa.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Garantizar la funcionalidad del sistema de piso, brindando confort al usuario, así como seguridad e integridad estructural.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reducción de peso de la estructura debido al reforzamiento.
- Evitar fisuras y/o agrietamientos.
- Controlar deflexiones.
- Mejorar el desempeño de la estructura.
- Aumentar la capacidad de carga del sistema de losa.
- Tener facilidades constructivas.
- Aprovechar la facilidad de material disponible.
- Asegurar que la edificación pueda seguir funcionando, bajo la acción de las cargas de gravedad y efectos sísmos que se encuentre sometido.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

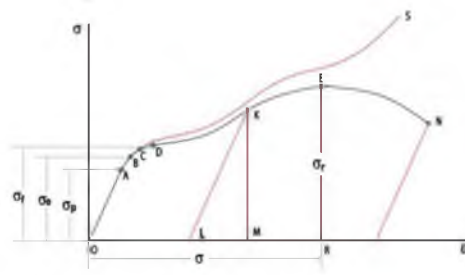
2.1 ACERO ESTRUCTURAL

El acero consiste en una combinación de hierro y pequeñas cantidades de carbono, generalmente en porcentaje menor al 1%. También contiene pequeñas porcentajes de otros elementos. En la actualidad la mayor parte de placas y perfiles de acero estructural en el Ecuador, lo hacen fundiendo chatarra de acero. Esta materiales chatarras pueden ser de los mismos perfiles estructurales viejos, automóviles vetustos, motores, maquinas de escribir, refrigeradoras, artículos similares viejos.

Una vez fundido el acero, se vierte en moldes que tienen las formas finales de los elementos, estos elementos se hacen pasar por unos rodillos hasta obtener la forma ideal de los diferentes perfiles, los mismos que tienen mejor superficie y menores esfuerzos residuales que el acero recién hecho.

Los perfiles que más se procesan se obtienen mediante el rolado en frío, la aplicación de diferentes recubrimientos y tal vez mediante el proceso del recocido. Mediante este proceso, el acero se calienta a un rango intermedio de temperatura (1300-1400°F). El proceso del recocido conduce a un acero que tiene menor dureza y fragilidad, pero mayor ductilidad.

Las relaciones esfuerzo-deformación del acero estructural son una información valiosa y necesaria para entender cómo se comporta el acero en una situación dada. No se puede desarrollar métodos confiables de diseño a menos que se disponga de información completa relativa a las relaciones esfuerzo-deformación del material que se usa.



σ_R : Limite de rotura

σ_F : Limite de fluencia

σ_E : Limite elástico

σ_P : Limite de proporcionalidad

Según tutorial Propiedades de Acero de Ingeniería Civil de la pagina Web.

El ensayo comienza aplicando gradualmente la fuerza de tracción a la probeta, lo cual provoca que el recorrido inicial en la gráfica discorra por la línea recta que une el origen de coordenadas con el punto A.

Hasta llegar al punto A se conserva una proporcionalidad entre la tensión alcanzada y el alargamiento unitario producido en la pieza. Es lo que se conoce como Ley de Hooke, que relaciona linealmente tensiones con las deformaciones a través del modulo de elasticidad E, constante para cada material que en el caso de los aceros y fundiciones vale aproximadamente 2.100.000 Kg/cm².

Otra particularidad de este tramo es que al cesar la sollicitación sobre la pieza, ésta recupera su longitud inicial. Es decir, se comporta de manera elástica, y el punto A se denomina Límite de Proporcionalidad.

Pasado el punto A y hasta llegar al punto B, los alargamiento producidos incluso crecen de manera más rápida con la tensión, y se cumple que al cesar la carga, la pieza recupera de nuevo su geometría inicial, es decir, se sigue comportando elásticamente. El punto B marca el límite a este comportamiento, y por ello al punto B se le denomina Límite Elástico.

Tras pasado el punto B el material pasa a comportarse de manera plástica, es decir, que no recupera su longitud inicial, quedando una deformación remanente al cesar la carga. De esta manera, el proceso de descarga se realiza siguiendo la trayectoria según la línea punteada mostrada del diagrama tensión-deformación, que como se ve, corta al eje de deformaciones, $\Delta L/L_0$, a una cierta distancia del origen, que se corresponde con la deformación remanente que queda. Concretamente,

el punto B o Límite Elástico es aquel que le corresponde una deformación remanente del 0.2%.

Si se sigue aplicando carga se llega al punto identificado en la gráfica como C, donde a partir de aquí y hasta el punto D, las deformaciones crecen de manera rápida mientras que la carga fluctúa entre dos valores, llamados límites de fluencia, superior e inferior. Este nuevo estadio, denominado de fluencia, es característico exclusivamente de los aceros dúctiles, no apareciendo en los aceros endurecidos.

Más allá del punto de fluencia D es necesario seguir aplicando un aumento de la carga para conseguir un pronunciado aumento del alargamiento. Entramos ya en la zona de las grandes deformaciones plásticas hasta alcanzar el punto F, donde la carga alcanza su valor máximo, lo que dividida por el área inicial de la probeta proporciona la tensión máxima de rotura o resistencia a la tracción.

A partir del punto E tiene lugar el fenómeno de estricción de la probeta, consistente en una reducción de la sección en la zona de la rotura, y el responsable del periodo de bajada del diagrama, dado que al reducirse el valor de la sección real, el valor de la carga aplicado a partir del punto E también se va reduciendo hasta alcanzar el punto F de rotura (Propiedades del Acero.).

2.1.1. PROPIEDADES MECÁNICAS:

Las principales propiedades del acero estructural son:

Características mecánicas del acero A36:

Descripción:	Valor Ksi	Valor kg/cm ²	Valor utilizado
Modulo de elasticidad:	Fy=36 Ksi	= 2531	= 2400
Modulo de rigidez:	G=29500Ksi	= 2074145	= 2'100.000
Modulo de Poisson:	ν=0.3		

El acero es uno de los materiales más empleados en la industria de la construcción por todas las características que presenta, además su producción se la hace en una gran variedad de tipos y formas, por ende presenta una gran flexibilidad para su uso.

Está compuesto por una aleación de hierro (mínimo 98%), carbono (menos del 1%) y otras pequeñas cantidades de materiales para mejorar su resistencia, como carbono; o para mejorar su soldabilidad y resistencia a la intemperie como fósforo, azufre, sílice y vanadio.

Entre las propiedades que más destacan del acero para su implementación como material estructural se encuentran su alta resistencia, comparada con cualquier otro material disponible, la ductilidad la cual permite deformarse al material ya sea en compresión o tensión antes de fallar, además una gran durabilidad y disponibilidad, requiriendo un tratamiento para su protección contra el medio ambiente al que será expuesto.

2.1.2. VENTAJAS DEL ACERO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL

De todos los materiales utilizados como elementos estructurales, el acero es el material más flexible, de mayor resistencia, bajo peso, y su tiempo es mínimo tanto en fabricación y montaje de la estructura, además tiene otras ventajas estructurales:

- Gran resistencia a esfuerzos de trabajo; esto hace que este material sea muy utilizado en estructuras de grandes distancias como son puentes y edificios.
- Con el pasar del tiempo sus propiedades no cambian, por esta razón se las considera como material de gran uniformidad.
- Debido a su gran elasticidad, hace que alcance esfuerzos bastante altos.
- Tiene una buena durabilidad hasta podría ser indefinida, dependiendo de su mantenimiento.

- Este material tiene la característica de resistir grandes deformaciones, sin llegar a su falla al momento de soportar esfuerzos grandes de tensión; por lo tanto se lo considera como un material dúctil.
- Este material tiene gran resistencia y es muy dúctil, considerado como material de gran tenacidad.
- Es muy utilizado en ampliaciones de estructuras existentes, por la rapidez en la construcción y más limpio durante su montaje.

2.1.3. DESVENTAJAS DEL ACERO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL:

El acero estructural tiene las siguientes desventajas:

- La **corrosión** es una de las desventajas más características de este material, cuando están expuestos a la intemperie y al agua, y carece de su mantenimiento periódico.
- El costo del mantenimiento para el **blindaje contra el fuego**, es bastante elevado.
- Es un material muy susceptible a las fuerzas que producen los diferentes tipos de **pandeo**.
- La **fatiga** es otra característica inconveniente del acero.
- Cuando existe concentración de esfuerzos, puede perder su ductilidad y fallar por lo denominado **fractura frágil**.

2.1.4. TIPOS DE ACERO MODERNOS

Las propiedades del acero pueden cambiarse en gran medida variando las cantidades presentes del carbono y añadiendo otros elementos como silicio, níquel, manganeso y cobre, a continuación se describe algunas clasificaciones de acero:

- Aceros al carbono.
- Aceros de alta resistencia y baja aleación.

- Aceros de alta resistencia y baja aleación y resistentes a la corrosión atmosférica.

2.2 CORROSIÓN EN ARMADURAS

La corrosión de armaduras es un proceso electroquímico que provoca la degradación (oxidación) del acero en el hormigón. Los factores que afectan a este fenómeno están asociados fundamentalmente a las características del hormigón, al medio ambiente y a la disposición de las armaduras en los componentes estructurales afectados.

Los daños causados por corrosión de armaduras generalmente se manifiestan a través de fisuras en el hormigón paralelas a la dirección de los refuerzos, de laminación y/o desprendimientos del recubrimiento. En elementos estructurales que están sometidos en ambientes muy húmedos, los primeros síntomas de corrosión se evidencian por medio de manchas de óxido en la superficie del hormigón.

Los daños por corrosión pueden afectar la capacidad portante de los componentes estructurales afectados, debidos fundamentalmente a la disminución de sección transversal de las armaduras, la pérdida de adherencia entre el acero y el hormigón y a la aparición de fisuras de éste. Así mismo, el progresivo deterioro de las estructuras por corrosión provoca desprendimientos de material que pueden comprometer la seguridad de personas.

En la siguiente figura se muestran en forma esquemática las fallas típicas observadas en losa afectadas por corrosión de armaduras.



Figura 1.5 Corrosión en losa

2.3 CONCRETO SIMPLE

El concreto de uso común, o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

El hormigón simple sin acero de refuerzo, es fuerte a la compresión, pero poco o nada resistente a la tensión, esto hace que limita su uso como material estructural. El uso de refuerzos en forma de barras es para resistir esfuerzos de tensiones, esto se realiza colocando acero en los diferentes sectores, donde se presume aparecerán esfuerzos de tensiones en el momento que sean soportadas las diferentes cargas de servicio. La existencia del acero estructural controla la aparición de las fisuras ocasionadas por la baja resistencia a la tensión del hormigón armado.

La aplicación del refuerzo en zonas de compresión, sirve para aumentar la resistencia del elemento estructural reforzado, además reduce las deformaciones causadas por las cargas de duración larga y para ofrecer al concreto un confinamiento lateral, esto hace que aumente su resistencia a la compresión del elemento.

El concreto reforzado resulta ser de la combinación de concreto simple con refuerzo estructural.

Es importante conocer ciertas características especiales para poder dimensionar estructuras de concreto, falla por compresión debido a cargas permanentes o cargas de corta duración, efectos de velocidad de carga, efectos de la relación de agua/cemento, efectos de esbeltez, etc. Además existen otras características como las de esfuerzo-deformación del concreto simple, durabilidad, permeabilidad, resistencia al fuego, a la abrasión, a la intemperie, etc.

- a) Características esfuerzo-deformación del concreto simple. Dentro de estas características tenemos la compresión triaxial, tensión, flexión, criterios de falla.
- b) Efectos del tiempo en el concreto endurecido: contracción, flujo plástico, efecto de permanencia de carga.

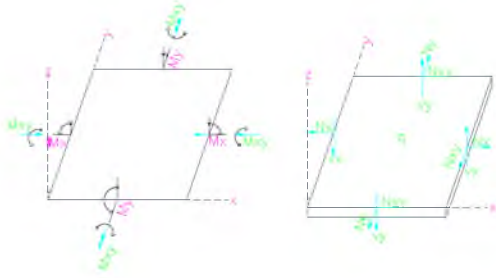
2.4 LOSAS BIDIRECCIONALES APOYADAS SOBRE VIGAS

Se llama losas bidireccionales cuando se apoyan en sus dos direcciones ortogonales sobre elementos portantes, desarrollándose en sus dos direcciones deformaciones y esfuerzos.

La Ecuación de Lagrange o Ecuación de Placas es la ecuación general que describe el comportamiento de las losas bidireccionales macizas, de espesor constante.

2.4.1. TENSIONES EN PLACAS DELGADAS

Según la teoría elástica, cuando una placa o lámina no muy delgada está sujeta estrictamente a esfuerzo de flexión, en la que despreciamos todas las deformaciones producidas por el esfuerzo actuante del corte; aparecen internamente esfuerzos dentro del plano xy , que se caracterizan por dos momentos flectores $m_x m_y$ en sus dos direcciones perpendiculares a sus ejes xy , además aparece un esfuerzo de torsión m_{xy} en cada punto.



$$\sum F_z = 0 \rightarrow \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} + q =$$

$$0 \quad \frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + \frac{2\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} = -q$$

$$\sum M_x = 0 \rightarrow \frac{\partial M_y}{\partial y} + \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} - Q_y = 0$$

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{2\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q}{D}$$

$$\sum M_y = 0 \rightarrow \frac{\partial M_x}{\partial x} + \frac{\partial M_{xy}}{\partial y} - Q_x = 0$$

$$\nabla^4 w = \frac{q}{D} \quad \text{con } D = \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)}$$

Donde:

w = Deflexiones de la losa en dirección perpendicular a su plano

x,y = coordenadas en el plano de la losa

q = carga aplicada q(x,y)

D = rigidez de la losa, expresada por la ecuación:

t= peralte de la losa

E= modulo de elasticidad

μ = coeficiente de Poisson.

A partir de estos esfuerzos se pueden calcular las tensiones sobre una placa.

$$\sigma_{xx} = \frac{12w}{t^3} m_y(x,y) \quad \sigma_{xy} = \frac{12w}{t^3} (1-\mu)^2 m_{xy}(x,y)$$

$$\sigma_{yy} = \frac{12w}{t^3} m_x(x,y) \quad \sigma_{x\approx} = \sigma_{y\approx} = \sigma_{\approx\approx} = 0$$

Se tiene que:

m_x : momento flector alrededor del eje x, por unidad de ancho de losa.

m_y : momento flector alrededor del eje y, por unidad de ancho de losa

m_{xy} : momento torsor, por unidad de ancho de losa

v_x : esfuerzo cortante en la dirección x, por unidad de ancho de losa

v_y : esfuerzo cortante en la dirección y, por unidad de ancho de losa

Cabe mencionar, que las deformaciones producidas por flexión debido al efecto de Poisson, en una de las direcciones originan perpendicularmente esfuerzos flexionantes. Además aparecen momentos torsionantes que actúan sobre la losa, estos aparecen simultáneamente a la flexión en las dos direcciones.

El diseño de las placas o membranas en dos direcciones dependen exclusivamente de las condiciones y tipos de apoyos; y de las diferentes cargas actuantes sobre la misma. Existen diferentes tablas para el diseño de las losas bidireccionales, dependiendo de las condiciones de apoyo o la carencia del mismo; las condiciones de apoyos más frecuentes son las de empotramiento o tramo continuo, soporte fijo con facultad de rotación, extremo libre o en volado. En los casos de diferentes formas y cargas especiales se utilizarán otros métodos como puede ser el de Diferencias Finitas o Elementos Finitos.

2.4.2. MAXIMAS DEFLEXIONES EN LOSAS MACIZAS

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC Enero 2015 y el reglamento de la construcción ACI 318-2008, definen deflexiones máximas dependiendo del uso exclusivo tanto de las losas macizas como de las losas nervadas, las mismas que varían desde $L_n/180$ hasta $L_n/480$.

Máximas Deflexiones Permisibles en Losas		
Descripción	Deflexión a considerarse	Máxima Deflexión

Cubiertas planas inaccesibles, o sujetadas a elementos no estructurales que no sean afectados por grandes deflexiones	Deflexión próxima causada por carga viva	$L_n/180$
Pisos que carecen de carga, o sujetadas a elementos no estructurales que sean afectados por grandes deflexiones	Deflexión próxima causada por carga viva	$L_n/360$
Sistema de cubierta o piso que lleva o que esta anclada a miembros no estructurales que sean afectados por deflexiones grandes	Es la deflexión mayor que ocurre luego de ser anclado miembros no estructurales (Es la resultante de la deflexión a largo plazo causado por las cargas sostenidas y la deflexión inmediata causada por cualquier carga viva añadido)	$L_n/480$

Se tiene que:

L_n : distancia del claro libre en la dirección que trabaja la losa (distancia corta), medido desde cara interna a cara interna de los elementos que sustentan a la losa.

Ejemplo: Distancia entre apoyos de losa en un paño del edificio de La Gobernación del Guayas es de $L_n = 515\text{cm}$.

Cuando se tiene losas rectangulares soportadas por vigas de mayor altura, donde su relación canto largo / canto corto sea inferior a 2, el valor de las deflexiones se obtienen a partir de las ecuaciones dadas más adelante.

De las siguientes expresiones del ACI para un espesor total h , se pueden obtener limitaciones empíricas aproximadas de las deflexiones, determinando el espesor mínimo de la losa o placa:

$$h = \frac{L_n(800 + .0712F_y)}{36000 + 5000\beta \left[\alpha_m - 0.5(1 - \beta_s) \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]} \quad \text{Ec. 01}$$

pero no menor que:

$$h = \frac{L_n(800 + 0.005F_y)}{36000 + 5000\beta(1 + \beta_s)} \quad \text{Ec. 02}$$

y no mayor que:

$$h = \frac{L_n(800 + 0.005y)}{36000} \quad Ec.03$$

El espesor h debe ser el mayor de los dos valores que se obtienen de las ecuaciones Ec.01 y Ec.02, pero no necesita exceder el valor que se obtiene con la ecuación Ec.03, sin embargo el espesor h para losas con vigas de apoyo en los cuatro bordes con un valor por lo menos de $\alpha_m=2.0$ sería de 9.0cm.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción establece que a mas de cumplirse con las ecuaciones anteriores, el espesor de las losas debe ser mayor que las siguientes cuantías:

Sistema de losas carente de vigas o columnas 12 cm.

Losa carente de vigas pero con columnas que alcancen por lo menos 1/6 de su luz, medido de centro a centro y se proyecten por debajo de la losa al menos $h/4$ 10 cm.

Losa apoyada en sus cuatro bordes, con un valor de α_m por lo menos igual a 2.0 = 9cm.

2.4.3. ARMADURA MINIMA EN LOSAS MACIZAS

Para placas o losas macizas de espesor constante, que para su diseño se utilice acero de refuerzo estructural con un esfuerzo de fluencia $F_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$ a $F_y = 3500 \text{ Kg/cm}^2$, el mínimo de cuantía de armado para tolerar los cambios de temperatura y la retracción de fraguado $r_{\text{mín}} = 0.0020$, para los dos sentidos direcciones ortogonales. Esta armadura de refuerzo se debe colocarse con separaciones entre si menores a 5 veces el espesor de la losa y menores al valor absoluto de 45cm.

Para placas o losas macizas de espesor constante, cuando se utilice en su diseño acero de refuerzo estructural con un esfuerzo de fluencia $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, el

mínimo de cuantía del armado a usar para tolerar los cambios de temperatura y la retracción de fraguado $r_{\min} = 0.0018$. Esta armadura de refuerzo se debe colocarse con separaciones entre si menores a 5 veces el espesor de la losa y menores al valor absoluto de 45cm.

La mínima cuantía para flexión en losas nervadas r_{\min} se obtendrá a través de la formula siguiente:

$$\rho_{\min} = \frac{14}{F_y}$$

Existe una gran diferencia entre las especificaciones para placas o losas macizas y para losas con nervadura, esto se debe a que el conjunto de nervios que forma la losa se comporta fundamentalmente como una inmensa malla espacial de viguetas, mientras que la loseta de compresión trabaja de una manera combinada membrana y placa.

2.4.4. ARMADURA MAXIMA EN LOSAS MACIZAS

La armadura máxima en losas macizas sin vigas, cuando resisten sismo no debe ser mayor que el 50% de la cuantía balanceada, ni el 75% de la cuantía cuando no resiste sismo; de esta manera aseguramos obtener una mínima ductilidad

$$r_{\max} = 0.75 r_b ; \text{ para losas que no resisten sismo}$$

$$r_{\max} = 0.50 r_b ; \text{ para las losas que resisten sismo}$$

La expresión para obtener la cuantía balanceada de una sección de hormigón es:

$$\rho_b = 0.85\beta_1 \frac{f'_c}{F_y} \cdot \frac{0.003}{\frac{F_y}{E_s} + .003}$$

La expresión para obtener la máxima cuantía permisible en zonas sísmicas es:

$$r_{\text{máx}} = 0.50 r_b$$

Cuando la cuantía calculada para el armado de 0.01490, se encuentra por encima de la máxima cuantía permisible 0.01084, es necesario colocar acero de refuerzo para absorber los esfuerzos de compresión que producen los momentos flectores existentes.

De donde:

r_b : cuantía balanceada.

f'_c : resistencia a la rotura del hormigón

F_y : esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo

E: módulo de elasticidad del acero

2.4.5. RECUBRIMIENTO MINIMO:

El recubrimiento mínimo para el acero de refuerzo en losas fundidas in situ es de 2.5cm, en cambio el recubrimiento mínimo para el acero de refuerzo en losas prefabricadas es de 1.5cm.

2.4.6. ARMADURA DE TEMPERATURA Y RETRACCION DE FRAGUADO:

Para absorber los esfuerzos generados en el concreto de la loseta de compresión, por concepto de cambios de temperatura y retracción de fraguado, y permitir un control eficiente de la fisuración, se puede utilizar una malla electro soldada con esfuerzo de fluencia $F_y = 2800 \text{ Kg/cm}^2$, requiriéndose la siguiente armadura mínima en las dos direcciones:

$$p_{\text{mín}} = 0.0020 A_{s_{\text{mín}}}$$

El máximo espaciamiento entre alambres de la malla electro soldada es 5 veces el espesor de la loseta o 45 cm, el que sea menor:

$e_{\text{máx}} < 45 \text{ cm}$

CAPITULO III

CONDICION DE ANALISIS

Como alcance de la presente evaluación, ésta centrará la atención, únicamente, en el reforzamiento de un sector de losa comprendido entre los ejes P-Q-12-14, correspondiente al bloque "Sur-Este del edificio de la Gobernación del Guayas". El área del edificio en planta es de aproximadamente 670m², de forma rectangular; cuenta con planta baja, dos pisos altos y cubierta terraza.



Figura 3.1 Planta Estructural del Edificio de la Gobernación

El panel de losa a reforzar está ubicado entre los ejes P-R, 14-12, tienen una distancia 5.15m entre ejes de vigas tanto en sentido x como en sentido y.

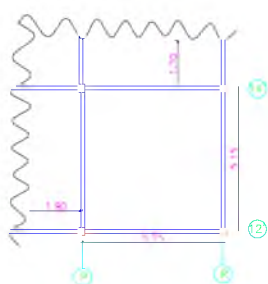


Figura 3.2 Sector de losa piso 1 bloque Sur-Este edificio de la Gobernación

3.1 FLEXIÓN SIMPLE EN ELEMENTOS DE ACERO

Según el libro McCormac & Csernak- 2012, los elementos estructurales sujetos a flexión ya sea losas o vigas que actúan en una o dos direcciones, generalmente la flexión se presenta acompañada de una fuerza cortante. Cuando se desprecia el efecto de la fuerza cortante se puede estimar con suficiente precisión la resistencia a la flexión.

Según el libro Diseño de Estructuras de Acero:

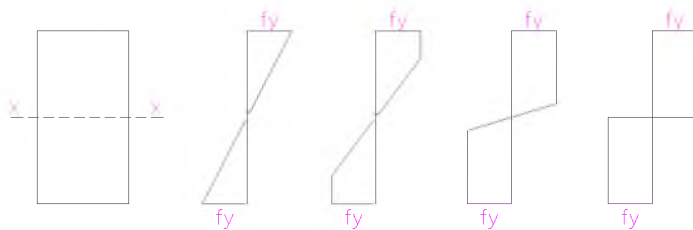


Figura 2.6.1

Consideremos una viga de sección rectangular y los diagramas de los esfuerzos de tracción y compresión de la Fig. 2.6.1 para estudiar los esfuerzos a flexión. (Para este análisis supondremos que el patín a compresión de la viga está completamente soportado contra el pandeo lateral. Si la viga está sujeta a momento de flexión el esfuerzo en cualquier punto se puede calcular con la formula de flexión: $f_b = Mc/I$. Esta ecuación es aplicable solamente cuando el máximo esfuerzo calculado en la viga es menor que el limite elástico. (McCormac & Csernak, 2012, pág. 238)

f_b : Esfuerzo M_c : momento I : Inercia

3.2 METODOS DE DISEÑO

La especificación AISC (American Institute of Steel Constructon) proporciona dos métodos para el diseño de miembros de acero estructural que son:

- Diseño por Esfuerzos Permisibles, (ASD = Allowable Stress Design)
- Diseño con Factores de Carga y Resistencia, (LRFD = Load and Resistance Factor Design).

El método ASD estima conseguir que los esfuerzos unitarios actuantes reales en los miembros estructurales sean menores que los esfuerzos unitarios permisibles.

El método LRFD se denomina “estado límite” Los estados límites se dividen en dos categorías:

Estado Limite de Resistencia: Tiene que ver con el comportamiento para máxima resistencia dúctil, pandeos, fatiga, fractura, volteo o deslizamiento.

Estado Limite de Servicio: Tiene que ver con la funcionalidad de la estructura, en situaciones tales como deflexiones, vibraciones, deformación permanente y rajaduras.

ϕ = Factor de reducción de capacidad de carga = 0.9 sección en flexión

R_n = Resistencia Nominal del miembro

METODO ASD	METODO LRFD
Usan los mismos métodos de análisis estructural	Usan los mismos métodos de análisis estructural
Usa mayor grupo de cargas	Usa mayor combinación lineal de cargas
R_n = Resistencia Nominal del miembro	R_n = Resistencia Nominal del miembro
Ω = Factor de seguridad > 1	ϕ = Factor de reducción de resistencia < 1
R_a = Mayor fuerza calculada del miembro	R_u =Fuerza factorizada calculada del miembro

Las cargas de servicio no se multiplican por factores de carga o de seguridad. Mas bien se acumulan, tal como esten. Estas fuerzas totales no deben ser mayores que las resistencias nominales de los miembros, divididas por factores de seguridad apropiados	Usa cargas factorizadas formando grupos de cargas de servicio, y cada carga de servicio se multiplica por un factor de carga normalmente mayor a 1. Los mayores valores determinados por estas combinaciones se usan para calcular los diferentes esfuerzos actuantes.
$R_n/\Omega \geq R_a$	$\phi R_n \geq R_u$

3.3 CARGAS ACTUANTES

Peso neto de losa: $1.0 \times 1.0 \times 0.2 \times 2400 = 480 \text{ kg/m}^2$

Peso neto enlucido $1.0 \times 1.0 \times 0.02 \times 2200 = 44 \text{ kg/m}^2$

Peso de cerámica $1.0 \times 1.0 \times 0.02 \times 2200 = 44 \text{ kg/m}^2$

Peso de paredes $= 250 \text{ kg/m}^2$

Carga muerta $= 818 \text{ kg/m}^2 = 820 \text{ kg/m}^2$

Carga Viva $= 400 \text{ Kg/m}^2$ Salones de clase

3.4 DISEÑO ELÁSTICO

El libro "Diseño de Estructuras de Acero", hace referencia que el diseño elástico de una viga de acero considera que la carga máxima que una estructura puede soportar, supone ser igual a la carga que primero genera un esfuerzo igual al de la fluencia del material. Los miembros se diseñan de manera que los esfuerzos de flexión calculados para cargas de servicio no excediesen el esfuerzo de fluencia dividido entre un factor de seguridad (1.5 a 2.0). Sin embargo los miembros dúctiles no fallan sino hasta que ocurre una gran plastificación después de que se

alcanza el esfuerzo de fluencia. Esto indica que tales miembros tienen mayores márgenes de seguridad contra la falla que lo que parece indicar la teoría elástica (McCormac & Csernak, 2012, pág. 240).

3.4.1. CLASES DE ESFUERZOS

Cuando una estructura está sometida a cargas tanto gravitacionales como sísmicas, se producen en sus elementos diferentes clases de esfuerzos como son:

Esfuerzo de tracción, esfuerzo de compresión, esfuerzo de corte, esfuerzos de flexión.

Para el diseño de elementos metálicos por el método del ASD se utiliza factores de seguridad para cada uno de los esfuerzos, a continuación se presenta la siguiente tabla:

Esfuerzos unitarios admisibles en kg/cm²					
	Especificaciones AISC-ASD	$f_y=2330$	$f_y=2500$	$f_y=3200$	$f_y=3500$
Tensión	$f_t=0.60F_y$	1400	1500	1900	2100
Corte	$f_v=0.40F_y$	900	1000	1300	1400
Flexión	$f_b=0.66F_y$	1500	1700	2100	2300

Esfuerzos unitarios aplicables en nuestro medio:

Esfuerzo de tracción: 1400kg/cm²

Esfuerzo de compresión: 1300kg/cm²

Esfuerzo de corte: 900kg/cm²

Esfuerzo de flexión: 1300kg/cm² a 1400kg/cm²

Aplastamiento: 1600kg/cm²

3.4.2. CONSTANTES DEL ACERO

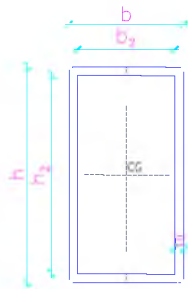
Características mecánicas del acero A36:

Descripción:	Valor Ksi	Valor kg/cm ²	Valor utilizado kg/cm ²
Modulo de elasticidad:	F _y =36 Ksi	= 2531	= 2400
Modulo de rigidez:	G=29500Ksi	= 2074145	= 2'100.000
Modulo de Poisson:	μ=0.3		

3.4.3. MOMENTO DE INERCIA

El segundo momento de un área respecto a un eje se conoce como momento de inercia. El momento de Inercia se origina siempre que uno relaciona la fuerza normal (fuerza por unidad de área con el momento)

La Inercia es la suma de los productos obtenidos multiplicando todas las aéreas elementales de una sección transversal por los cuadrados de sus distancias a un eje dado generalmente al eje neutro.



$$I = \frac{bh^3}{12} - \frac{b_2h_2^3}{12}$$

I : Momento de inercia cm⁴.

b : Base cm.

h : Altura cm.

e : Espesor del elemento cm.

En el caso de evaluar vigas de hormigón se considerara la sección agrietada.

3.4.4. ESFUERZO CORTANTE

El esfuerzo interno o la resultante de las tensiones paralelas a la sección transversal de una viga o una columna se la conoce como esfuerzo cortante, de corte, de cizalla o de cortadura.

Se define como la relación entre la fuerza y el área a través de la cual se produce el deslizamiento, donde la fuerza es paralela al área; esta fuerza se obtiene mediante la siguiente fórmula: $\tau = \frac{P}{A}$

τ : Esfuerzo cortante = kg/cm²

P : Fuerza que produce el esfuerzo cortante kg

A : Área sometida al esfuerzo del corte cm²

3.4.5. FLECHAS EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA REPARTIDA.

La máxima deflexión en una viga simplemente apoyada sometido a cargas gravitacionales se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$\Delta = \frac{5q \cdot L^4}{384EI}$$

Δ : Flecha calculada en cm

q : Carga repartida kg/cm

L : Longitud del elemento en cm

E : Modulo de elasticidad = 2100000kg/cm²

I : Momento de inercia del elemento cm⁴

Para $L < 7m$ Δ recomendada = L/400

Para $L > 7m$ Δ recomendada = L/500 $\Delta < \Delta$ recomendada

3.4.6. CONEXIONES SOLDADAS

Las conexiones soldadas es la unión de dos o más partes metálicas, esta unión se realiza a través del calentamiento de sus superficies, produciéndose un cambio de estado; pasando de su estado sólido a un estado plástico o fluido, permitiendo que sus superficies se ligen con o sin la adición de otro metal.

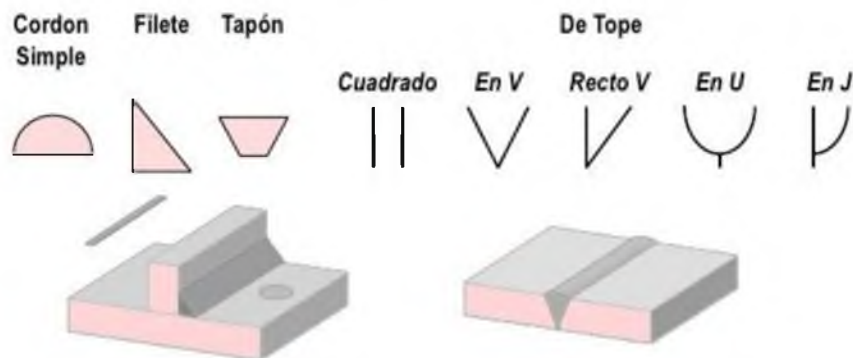
Las soldaduras de filete son más resistentes a la tensión y a la compresión que al corte. Cuando sea muy práctico usar soldaduras de filete es conveniente reacomodar las piezas a soldar de tal manera que las conexiones únicamente trabajen a esfuerzos cortantes.

El área de la garganta es igual al grueso teórico de esta por la longitud de la soldadura. Para una soldadura con un filete de 45° o de lados iguales, el grueso de la garganta es 0.707 veces el tamaño de la soldadura. El filete debe tener una superficie de acabado plana o ligeramente convexa.

Las ventajas de la soldadura son:

- Son más económicas, permiten eliminar placas de unión y empalme, así como eliminación de cabezas de remaches o tornillos.
- La soldadura tiene mucha más aplicación en elementos como columnas de tubo de acero.
- Las estructuras soldadas son más rígidas
- Se usan menos piezas, y el ahorro de tiempo en detalle, fabricación y montaje.

Tipos básicos de Diseño para Soldadura



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA LOSA BIDIRECCIONAL

La losa por ser un elemento secundario que no resiste sismo, debido a que se encuentra apoyado sobre vigas principales que forman parte de un pórtico primario; estos pórticos son los encargados de resistir las acciones transitorias como es el sismo, por lo tanto se considera para el análisis cargas gravitacionales.

4.1 COMBINACIONES DE CARGAS DE DISEÑO

Combinaciones de carga:

Con las cargas de diseño que fueron definidas en el literal 3.1 obtenemos:

Combinación 1 = 1.4 (100% Carga muerta)

Combinación 2 = 1.2 (100% Carga muerta) + 1.6 (100% Carga viva)

4.2 ANÁLISIS DE LOSA MACIZA APOYADA EN SUS CUATRO LADOS

Análisis de la combinación

Combinación 1 = $1.4 \times 820 = 1148 \text{ Kg/m}^2$

Combinación 2 = $1.2 \times 820 + 1.6 \times 400 = 1624 \text{ Kg/m}^2$

Al ser la combinación 2 la más desfavorable se realizará el diseño considerando estos valores.

El panel de losa existente a comprobarse su resistencia tiene dimensiones iguales a 5.15m tanto en sentido x y sentido y , su espesor originalmente era de $e=20\text{cm}$, con un recubrimiento de 2.5cm. En algunos sectores este recubrimiento no existe a causa de la corrosión.

4.3 METODOS DE DISEÑO

Para el diseño de losas bidireccionales existen dos métodos que son:

Método directo

Método del pórtico equivalente.

4.3.1 METODO DE DISEÑO DIRECTO

Conjunto de reglas para la distribución de momentos a las secciones de la losa y de vigas, cumplimiento de requisitos de seguridad y de funcionamiento como son:

Determinación el momento estático mayorado.

Distribución de momento estático mayorado total a las secciones de momentos negativos y positivos.

Según el reglamento de la construcción ACI -2014, muestra limitaciones para el diseño directo dentro de los numerales 13.6.1.1 al 16.6.1.8; para nuestro caso estamos exentos de las limitaciones de los numerales mencionados.

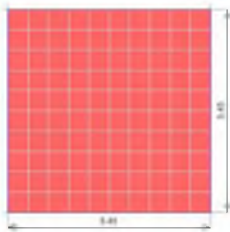
Cuando una losa está sometida fundamentalmente a flexión en la que se desprecia la deformación por cortante, o lámina de Love-Kirchhof, los esfuerzos internos se caracterizan por dos momentos flectores $m_x m_y$ según dos

direcciones mutuamente perpendiculares y un esfuerzo de torsión m_{xy} . Estos esfuerzos están directamente relacionados con la flecha vertical $w(x, y)$ en cada punto por:

4.3.2 DESARROLLO DEL DISEÑO DE LOSA

No es necesario realizar la distribución de cargas por métodos conocidos como cuarta potencia, entre otros, debido a que la relación entre lado largo y lado corto es igual a 1.

Con la distribución de carga se analizará una franja de 1.00m, considerando un extremo empotrado para el caso del continuo y un extremo simplemente apoyado para el extremo libre.



Al tener el panel de la losa de análisis sus lados perpendiculares iguales $L= 5.15\text{m}$, se considera que $a_1/a_2=1$, por lo que la distribución de cargas en ambos sentidos será de:

$$\text{Carga ultima } U = 1.2D + 1.6 L$$

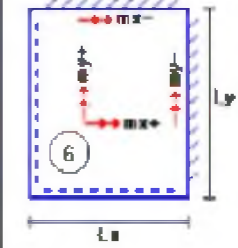
$$W = 1.2 \times 820 + 1.6 \times 400$$

$$W = 1624 \text{kg/m}^2$$

$$W_x = W_y = 1624 \text{kg/m}^2$$

Las exigencias de diseño para losas bidireccionales dependen exclusivamente de las condiciones de apoyos y de las cargas. Existen tablas de diseño de losas para las cargas y las condiciones de apoyo o de carencia de apoyo, más frecuentes (empotramiento o continuidad total; apoyo fijo con posibilidad de rotación; borde libre o voladizo).

Para una losa de e=20cm. Apoyada sobre vigas perimetrales con dos lados continuos y dos lados discontinuos considerados simplemente apoyados tenemos la siguiente tabla:

LOSA	FÓRMULA	coef.	LX / LY					
			1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50
	$D = 0.0001 d \cdot L_x^2 / (E \cdot h^3)$	d	254	309	371	438	504	561
	$M_{x-} = 0.0001 q \cdot m_{x-} \cdot L_x^2$	m_{x-}	691	791	897	1010	1100	1180
	$M_{y+} = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot L_x^2$	m_{y+}	306	367	435	508	579	641
	$M_{x+} = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot L_x^2$	m_{x+}	691	731	764	786	797	797
	$M_{y-} = 0.0001 q \cdot m_{y-} \cdot L_x^2$	m_{y-}	306	306	306	306	306	306

Datos:

$$L_x = 5.15 \quad L_y = 5.15 \quad L_x / l_y = 1 \quad W = 1624 \text{kg/cm}^2$$

$$M_{y(-)} = M_{x(-)} = 691$$

$$M_{x(+)} = M_{y(+)} = 306$$

$$M_u = 0.0001 \cdot m \cdot q \cdot L_x^2$$

$$M_{uy(-)} = M_{ux(-)} = 0.0001 \times 691 \times 1624 \times 5.15 \times 5.15 = 2976.31 \text{kg.m}$$

$$M_{uy(+)} = M_{ux(+)} = 0.0001 \times 306 \times 1624 \times 5.15 \times 5.15 = 1318.02 \text{kg.m}$$

Para el diseño de losa existente, como suponemos que el acero de tracción se encuentra en fluencia, vamos a utilizar la siguiente expresión para obtener el acero requerido para resistir el momento flector.

$$A_s = \frac{0.85 \cdot f'c \cdot b \cdot d}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{0.85 \cdot \phi \cdot f'c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

Datos son:

$$f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Varillas Lisas existente en losa)}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 17.5 \text{ cm}$$

$$\emptyset = 0.90$$

$$Mu_{(-)} = 297631 \text{ Kg-cm}$$

$$A_s = 8.63 \text{ cm}^2$$

$$Mu_{(+)} = 131802 \text{ k-cm}$$

$$A_s < A_{s \text{ min.}} =$$

El acero de tracción requerido es:

$$\rho_{min} = \frac{14}{fy}$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{4200} = 0.0056$$

$$A_s = 8.63 \text{ cm}^2 \text{ para } Mu = 297631 \text{ k-cm}$$

$$A_s = 3.87 \text{ cm}^2 \text{ para } Mu = 131802 \text{ k-cm}$$

$$A_{s \text{ min.}} = 0.0056 \times b \times d = 0.0056 \times 100 \times 17.5 = \mathbf{9.80 \text{ cm}^2} = \mathbf{\emptyset 14 \text{ c} / 15 \text{ cm.}}$$

El Acero mínimo que se necesita para soportar los esfuerzos flectores producidos por las cargas gravitacionales es de $\emptyset 14 \text{ c} / 15 \text{ cm}$.

Como el panel de losa de espesor $e=20 \text{ cm}$ existente está formado por una malla de acero liso de $\emptyset 12 \text{ c} / 18 \text{ cm}$, además este acero ha perdido en ciertos tramos su diámetro a consecuencia de la corrosión, podemos suponer que unos paneles se encuentran flexados a consecuencia de la baja resistencia de hormigón y a su vez la insuficiencia en el acero de refuerzo.

Por lo expuesto anteriormente se descarta el uso de la losa existente como parte estructural. Por tal motivo se realizara un reforzamiento metálico que sirva como apuntalamiento de la losa existente, el mismo que se apoya en vigas también reforzadas con perfiles de acero.

CAPÍTULO V

REFORZAMIENTO DE LOSA CON NERVIOS METALICOS

5.1 ANÁLISIS POR FLEXIÓN

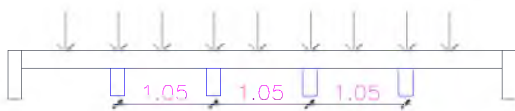


Figura 5.1

El tablero a analizar es de 5.15m x 5.15m, el mismo que se ha considerado reforzar 4 elementos como soportes, colocados a una distancia de 1.05m entre sí, como se aprecia en las figuras 5.1, 5.2

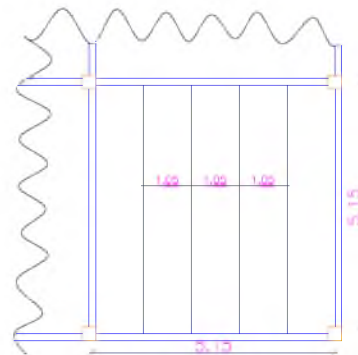


Figura 5.2

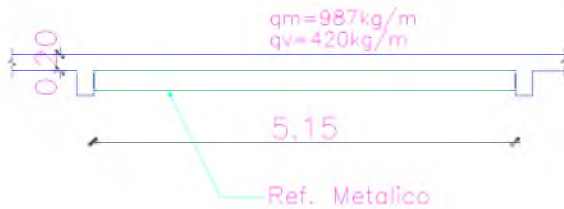
El método que se utilizara para diseñar el elemento de refuerzo bajo la losa maciza existente será el ASD, el mismo que utiliza factores de seguridad y no utiliza cargas mayoradas.

Cabe indicar que sobre la losa existente se colocara una loseta de compresión de espesor $e=5\text{cm}$ con una carga adicional de 120kg/m^2 .

$$820\text{kg/m}^2 + 120\text{kg/m}^2 = 940\text{kg/m}^2$$

Carga repartida muerta $q_m = 940 \cdot 1.05 = 987.00\text{kg/m}$

Carga repartida viva $q_v = 400 \cdot 1.05 = 420.00\text{kg/m}$



Calculo de momentos flextores.

Momento por carga muerta $M_n = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{987 \cdot (5.15)^2}{8} = 3272.21 \text{ kg.m}$

Momento por carga viva $M_v = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{420 \cdot (5.15)^2}{8} = 1392.43 \text{ kg.m}$

$$\Sigma = 4665 \text{ kg.m}$$

5.1.1 DISEÑO DEL ELEMENTO

Mediante el método de diseño ASD realizamos un prediseño del elemento que soportara las cargas gravitacionales, partimos de datos que conocemos como son el momento de diseño y la resistencia del acero, para obtener un valor de modulo de una sección w_{pred} :

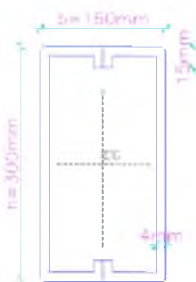
$$\sigma_t = \frac{M}{z} \text{ (a flexion)}$$

$$M = 4665 \text{ kg.m} = 466500 \text{ kg.cm}$$

$$\sigma_t = \frac{fy}{\Omega} = \frac{2440}{1.67} = 1461 \text{ kg/cm}$$

$$Z_{pred} = \frac{M}{\sigma_t} = \frac{466500 \text{ kg.cm}}{1461 \text{ kg/cm}^2} \quad Z_{pred} = 319 \text{ cm}^3$$

a) Para un valor de $w_{pred} = 319 \text{ cm}^3$ tanteamos con un cajón de 300x160x4mm:



$$I = \frac{h^3 b}{12} = \frac{30^3 * 16}{12} - \frac{29,2^3 * 15,2}{12} \rightarrow I = 4464 \text{ cm}^4$$

$$z_t = \frac{I}{15} = \frac{4464}{15} \rightarrow z_t = 297 \text{ cm}^3$$

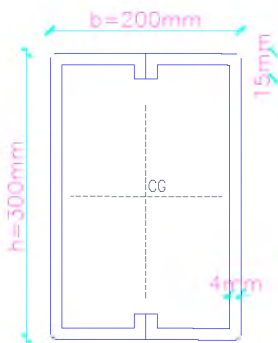
$$A = (16 * 30) - (15,2 * 29,2) = 36,16 \text{ cm}^2$$

Condición: $z_t > z_{pred}$

$$z_t = 297 \text{ cm}^3 < z_{pred} = 319 \text{ cm}^3 \quad \text{No cumple}$$

El modulo de la sección de trabajo tiene que ser mayor que el modulo de la sección predeterminada.

b) Para un valor de $w_{pred} = 319 \text{ cm}^3$ tanteamos con cajón de 300x200x4mm:



$$I = \frac{h^3 b}{12} = \frac{30^3 * 20}{12} - \frac{29,2^3 * 19,2}{12} \rightarrow I = 5165 \text{ cm}^4$$

$$z_t = \frac{I}{15} = \frac{5165}{15} \rightarrow z_t = 344 \text{ cm}^3$$

$$A = (20 * 30) - (19,2 * 29,2) = 39,36 \text{ cm}^2$$

Condición: $z_t > z_{pred}$

$$z_t = 344 \text{ cm}^3 > z_{pred} = 319 \text{ cm}^3 \quad \text{OK.}$$

Si comparamos los resultados de los dos diseño anteriores tenemos que, el modulo de la sección del segundo análisis cumple con la condición dada.

5.2 ANÁLISIS Y DISEÑO DEL ESFUERZO CORTANTE

Por lo general el cortante no es un problema en las vigas de acero porque las almas de los perfiles laminados son capaces de resistir grandes fuerzas cortantes.

$$\tau = \frac{Q}{A}$$

τ : Esfuerzo cortante = kg/cm²

P : Fuerza que produce el esfuerzo cortante kg

A : Área sometida al esfuerzo del corte cm²

Carga repartida muerta $Q_m = 940 * 1.05 = 987 \text{ kg/m}$

Carga repartida viva $Q_v = 400 * 1.05 = 420 \text{ kg/m}$

$$Q = 1407 \text{ kg/m}$$

Cortante por carga muerta $V_m = \frac{q * l}{2} = \frac{987 * 5.15}{2} = 2541 \text{ kg.}$

Cortante por carga viva $V_v = \frac{q * l}{2} = \frac{420 * 5.15}{2} = 1082 \text{ kg.}$

$$V = Q * L / 2$$

$$V = 1407 * 5.15 / 2 = 3623 \text{ kg}$$

$$A_s = \frac{V}{0.4 F_y} = \frac{3623}{0.4 * 2400}$$

$$A_s = 3.77 \text{ cm}^2$$

El A_s del cajón 300x20x4mm = 39.36cm² > $A_{s_{calc}} = 3.64 \text{ cm}^2$ OK.

5.3 COMPROBACIÓN DE FLECHAS

Datos:

Perfil 2C300x200x4mm

Q= 987kg/m = 9.87kg/cm

L= 5.15m = 515cm

I= 5165cm⁴

$$\Delta = \frac{5q \cdot L^4}{384EI} = \frac{5 * 9.87 * 515^4}{384 * 2100000 * 5165} = 0.83 \text{ cm}$$

Para L < 7m >> Δ permisible = L/400

Para L > 7m >> Δ permisible = L/500

Δ permisible = 515/400 = 1.29cm.

Δ < Δ permisible → 0.83 < 1.36cm OK.

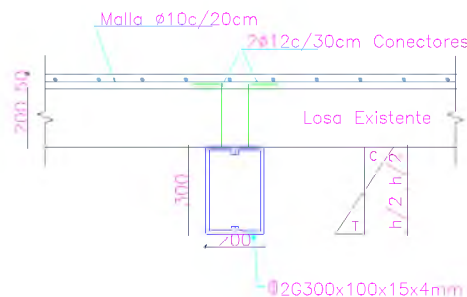
5.4 ACERO POR RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

La cuantía de refuerzo de retracción y temperatura es:

$$A_s = 0.0018 * b * d = 0.0018 * 100 * 22 = 3.96 \text{ cm}^2$$

El espaciamiento será 3.96/0.78 = 5.07 = Ø10c/20cm.

Corte Nervio
reforzamiento Losa Existente



CAPITULO VI

PROCESO DE REPARACION DE LOSA MACIZA

Preparación, limpieza y protección de la losa a reforzarse:

Herramientas y equipos: Andamio, escalera, escuadra, martillo, apuntamiento metálicos, caña guadua, clavos, flexo metro, lápiz, espátula, lija, cincel, martillo.

Una vez que se ha detectado mediante una inspección visual el daño de la estructura de la losa maciza provocado por la corrosión, inmediatamente se ha procedido a reparar y reforzar la estructura de la siguiente manera:

Eliminación del hormigón deteriorado: Cuando se observa manchas de óxidos o fisuraciones en el hormigón de la estructura, se debe eliminar todo el hormigón en las áreas afectadas.

Se retira todo el recubrimiento que se encuentre en mal estado (en forma de cascarilla) además del oxido en las varillas. Es importante descubrir todos los aceros de la malla inferior de la losa que se encuentren corroídos, como se aprecia en las fotos 6.1 y 6.2



Foto 6.1



Foto 6.2

- Restauración de la capacidad resistente de las armaduras: Si el acero existente tiene pérdidas de su sección menores al 15%, no es necesario restaurar la capacidad nominal del acero, ya que con ese porcentaje no existen problemas estructurales, pero si las pérdidas de las secciones son

mayores del 15% es de vital importancia restaurar la capacidad inicial del acero.

- Reforzamiento nuevo de reparación: cuando la resistencia del hormigón existente en la estructura este por debajo de $f_c=100\text{kg/cm}^2$ y acompañado de un deterioro excesivo del acero, es importante colocar un nuevo material de reparación o reforzamiento, pueden ser de los mismos materiales existente, o un diferente material.
- Aplicación de un tratamiento superficial: los tratamiento superficiales pueden ser pinturas, y sellantes, hidrófugos o impregnantes, obturadores de poros.
- La aplicación de los inhibidores de corrosión en la protección de estructuras existentes se lleva a cabo directamente sobre la superficie del hormigón. Este compuesto migra a través de la porosidad del hormigón endurecido llegando al acero por fenómenos de acción capilar, difusión de vapor y atracción iónica.
- Existen métodos electroquímicos de rehabilitación: los procedimientos más utilizados son a través de electroquímicos que se basan en la polarización catódica del acero y son:
Protección catódica (PC), extracción electroquímica de cloruros (EEC), re alcalinización electroquímica (RAE).
La protección catódica es uno de los métodos que se utiliza para evitar la corrosión en el acero estructural.

Reforzamiento con nervios metálicos como apuntalamientos:

Preparación del área a reforzarse: previo a la colocación de las viguetas metálicas bajo la losa flexada, se colocan para este tramo de losa 4 gatos hidráulicos distribuidos entre si. Que sirven de apuntalamiento y además elevando unos centímetros la losa.

Los nervios se colocan sin ninguna dificultad, los mismos que son sujetados a las vigas reforzadas con perfiles metálicos. Una vez colocados todos los nervios bajo el área de losa a reforzarse, se retiran los gatos, para de esta manera garantizar

que la losa quede apoyada casi en su totalidad sobre cada uno de los nervios colocados.

Galería de fotos



CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La finalidad de realizar un reforzamiento en construcciones históricas, es reponer todas las deficiencias de cada uno de los elementos estructurales del edificio. Cabe indicar que el edificio a reforzarse sufrirá mínimas pérdidas en sus valores característicos, tanto en su estructura como en su arquitectura.

La restauración moderna de estructuras en edificios históricos, comprometen a que las intervenciones en sus reforzamientos sean mínimas, no agresivas, acomodables y durables. Es importante considerar que el consultor encargado de la intervención en el reforzamiento, debe preocuparse por la seguridad integral de la estructura, de forma tal que la edificación sufra el menor cambio posible durante la intervención en su reparación, obteniendo una mínima pérdida de sus valores característicos patrimoniales.

El ingeniero encargado no solo deberá enfocarse en los hechos técnicos, debe forzosamente involucrarse en la historia y arquitectura del edificio a intervenir. Cabe indicar que el grupo de profesionales involucrados en este tipo de trabajo debe ser constante, perseverante, y dispuesto a colaborar todo el tiempo que dure la ejecución del proyecto a intervenir. Como resultado se obtendrá una mejor integración del plan estructural en el proyecto total a intervenir, como también la custodia de los valores inherentes del edificio.

Tratándose de una necesidad de reforzar y rehabilitar la estructura de un edificio patrimonial de muchos años, se ha buscado métodos y materiales que se acoplen eficientemente a la estructura de hormigón armado existente, además se buscaba que la solución sea rentable, sobre todo tener elementos resistentes, durables, y que el tiempo de construcción sea el mínimo.

Se considero utilizar un reforzamiento estructural el acero, debido a la facilidad que permite la incorporación de elementos metálicos en la estructura de la losa de

hormigón, estos elementos metálicos son de tipo cajón, colocados espaciadamente bajo la losa y apoyados en los reforzamientos metálicos de las vigas existentes.

Mediante este procedimiento de reforzamiento con estructura metálica, no solamente se logra de manera práctica, operativa y sencilla aumentar las características mecánicas de los diferentes elementos estructurales resistentes, sino que también aumentan globalmente el comportamiento de la estructura. Además se obtiene la gran ventaja de reforzar una estructura sin derrocamiento de sus elementos principales como son vigas y columnas, aumentando de esta manera una mayor capacidad de resistencia y rigidez estructural.

La meta final de la restauración estructural de un edificio es fortalecer cada uno de los miembros estructurales para soportar todas las acciones de las diferentes cargas que ha futuro el edificio recibirá, para permitir que el edificio se mantenga dentro de las condiciones estable y resistente, además conserve su identidad original, manteniendo sus valores característicos. De esta manera su inmueble que es Patrimonio Arquitectónico se conserve con la dignidad que merece por muchos años más.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Mc Cormac. Diseño de Estructuras de Acero, Método LRFD. Ed. Alfaomega. 2012
- Concreto Reforzado 2da. Edición, Oscar González
- American Concrete Institute (ACI). Reglamento para concreto estructural (ACI318S-08) y Comentarios, Comité ACI 318, Versión en Español. 2008
- American Institute of Steel Construction (AISC). Specification for Structural Steel Buildings. 2010
- American Society of Civil Engineers (ASCE). Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. 2010
- Sriramulu Vinnakota. Estructuras de acero: comportamiento y LRFD. Ed. Mc Graw Hill. 2006
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Estructuras de Hormigón Armado. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.2P014
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Estructuras de Acero. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.2014
- Instituto de Ort. (s.f.). Recuperado el 19 de Diciembre de 2015, de <http://campus.ort.edu.ar/descargar/articulos/80722/>
- M.Sc. Romo Proaño, M. (s.f.). Escuela Politécnica del Ejercito. Recuperado el 07 de Enero de 2016, de <http://publiespe.espe.edu.ec/librosvirtuales/hormigon/temas-de-hormigon-armado/hormigon08.pdf>
- Martínez, J. (s.f.). Jorge Martínez. Recuperado el 04 de Enero de 2016, de <http://jorgemartinezlarios.com/download/Fundamentos%20de%20Concreto.pdf>
- McCormac, J. C., & Csernak, S. F. (2012). Diseño de estructuras de acero. Mexico: Alfaomega.
- McCormac, J. M., & Csernak, S. F. (2012). Diseño de Estructuras de Acero (Quinta Edición ed.). Mexico: Alfaomega.
- UNAM. (s.f.). UNAM. Recuperado el 9 de Enero de 2016, de <http://www.ingenieria.unam.mx/~deptoestructuras/labmateriales/soldadura.htm>



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Vergara Rojas, Nelva Adelaida con C.C: # 0201232246 autora del trabajo de titulación: Reforzamiento de Losa Maciza Considerando la Edad de la Estructura del Edificio de la Gobernación del Guayas Bloque Sur Este, previo a la obtención del título de **MAGISTER EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 25 de Abril de 2016

f. _____

Vergara Rojas Nelva Adelaida

C.C: 0201232246

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Reforzamiento de Losa Maciza Considerando la Edad de la Estructura del Edificio de la Gobernación del Guayas Bloque Sur Este		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Vergara Rojas Nelva Adelaida		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Ing. Villacrés Sánchez, Alex MSc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Sistema de Posgrado		
TÍTULO OBTENIDO:	Magister en Ingeniería de la Construcción		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	25 de Abril del 2016	No. DE PÁGINAS:	53
ÁREAS TEMÁTICAS:	Rediseño de elemento, Reforzamiento de Estructura		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Reforzamiento, Análisis, Diseño, Esfuerzos Compresión, Tracción y Cortante, Estructura Metálica		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El presente trabajo propone dar a conocer que mediante el reforzamiento en construcciones históricas es posible su restauración parcial o total de cualquier edificación, reponiendo las deficiencias de cada uno de sus elementos que lo conforman.</p> <p>Mediante el análisis elástico de una losa apoyada en sus cuatro lados, se obtiene los esfuerzos de tracción, compresión y cortante, los mismos que son diseñados mediante el método ASD (Diseño por Esfuerzos Permisibles), regulada por la Norma AISC.</p> <p>Mediante un reforzamiento con estructura metálica, se logra de manera práctica, operativa y sencilla aumentar las características mecánicas de los diferentes elementos estructurales resistentes, además de fortalecer los miembros estructurales, aumentan globalmente el comportamiento de la estructura. Además se obtiene la gran ventaja de reforzar una estructura sin derrocamiento de sus elementos principales como son vigas y columnas, aumentando de esta manera una mayor capacidad de resistencia y rigidez estructural.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-/0996936335	E-mail:	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Mercedes Beltrán Velásquez, MSc.		
	Teléfono: +593-4-2202763ext1021		
	E-mail: mercdedesbel@yahoo.com		