

Modelo de Diseño Preliminar y Estimación de Costos para Edificios Prefabricados de Concreto



Abstract

How to prepare a budget or cost estimation when a final construction design does not exist?

How to respond in a fast, effective and appropriate way in the actual competitive environment?

It requires new and more useful tools and methods in order to guarantee the effectiveness of conceptual or preliminary designs and its estimating costs involved in any engineering project; investing a minimum of time, resources and money as well.

The methodology proposed establishes the necessary steps to obtain the preliminary design before any cost estimation of prefabricated concrete buildings. A computer system was developed to allow choosing the best possible option according to cost results.

The model combines the conceptual or preliminary design with the estimated unit direct cost for every single prefabricated component of the structure, besides the computation of materials, equipments, cranes and transportation, estimating of labor cost, indirect costs and an estimation of time frame of work at site.

Key words: model, costs, estimating and prefabricate.

Resumen

¿Cómo se elabora un presupuesto o estimación de costos, cuando no existe un diseño definitivo?, ¿Cómo responder en forma rápida, eficaz y oportuna a las exigencias del entorno actual?

Se requieren nuevos métodos y herramientas que garanticen la efectividad de los diseños conceptuales y/o preliminares y la estimación de costos de un proyecto de ingeniería, invirtiendo el mínimo de tiempo, recursos y dinero.

La metodología propuesta establece los pasos necesarios para realizar el diseño preliminar antes de la estimación de costos para edificios prefabricados de concreto. El sistema informático desarrollado permite la escogencia de la mejor opción posible desde el punto de costos.

El modelo combina el diseño conceptual o preliminar con la estimación de los costos unitarios directos de cada uno de los elementos prefabricados que componen la estructura, además de la cuantificación de materiales, equipos, grúas y transportes, estimación aproximada de las horas hombre o "mano de obra", costos indirectos y la estimación del plazo de las obras en sitio.

Palabras claves: modelo, costos, estimación y prefabricado.

Modelo de Diseño Preliminar y Estimación de Costos para Edificios Prefabricados de Concreto

ING. MARCO T. RAMÍREZ SANDINO

Diciembre del 2004

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

PREFACIO	1
RESUMEN EJECUTIVO	3
INTRODUCCIÓN.....	5
PROBLEMÁTICA DE LA INFORMACIÓN.....	6
METODOLOGÍA.....	11
CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO	11
DISEÑO ESTRUCTURAL PRELIMINAR	15
METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE COSTOS.....	23
RESULTADOS	25
ANÁLISIS DE RESULTADOS	30
CONCLUSIONES.....	33
APÉNDICES.....	35
ANEXOS.....	85
REFERENCIAS	93
EPÍGRAFE.....	95

Prefacio

Los propietarios, accionistas y empresarios, junto con las condiciones comerciales y financieras actuales, son los que definen el plazo de respuesta de oferta y luego el plazo constructivo y si se quiere ser competitivo, debemos adaptarnos a ellas

En el pasado se requería del diseño estructural y planos constructivos completos, para la determinación de los costos de un proyecto de ingeniería. En la actualidad, las condiciones de competitividad requieren que las empresas desarrollen su capacidad de respuesta, y que el tiempo requerido para la estimación de los costos sea reducido a su mínima expresión, ya sea que se cuente o no con la información suficiente.

Hoy existen programas para el análisis y diseño estructural, inclusive algunos incorporan el cálculo de cantidades de materiales y asignación de costos, y proyectan resultados en cuestión de minutos. Aunque son muchas las ventajas de estos paquetes, por ser generalizados, son muy elaborados y requieren de adaptaciones. Su principal desventaja es el costo de adquisición, implementación y adaptación a las condiciones específicas de la empresa.

Como alternativa se propone optar por una metodología para el diseño conceptual y preliminar que sirva de base para la estimación de costos de cada uno de los componentes prefabricados de la estructura, así como de las obras en sitio. Se utiliza como plataforma de programación la hoja electrónica de Excel, que es una herramienta informática práctica, multipropósito y de uso común en todo ordenador

de escritorio y/o portátil, por lo que no requiere de instalación o compra de un programa especial.

La automatización de las labores repetitivas permitirá al ingeniero proyectista y/o diseñador dedicarse a labores complementarias y específicas del proyecto, y a las actividades estratégicas como la planificación, que muchas veces se omiten por falta de tiempo, y que podrían ser los factores determinantes para lograr la adjudicación de un proyecto y la generación de utilidades posteriores durante su ejecución.

El objetivo general es el diseño de un modelo de estimación de costos para edificios prefabricados de concreto con flexibilidad en dimensiones tanto en planta como en altura y en la cantidad de módulos, ajuste de las diferentes variables para el diseño: cargas gravitacionales, temporales y requerimientos sísmicos, y en las características de los materiales como acero y concretos, incluyendo las obras de sitio con posibilidades de interacción.

Al realizar el diseño conceptual y preliminar de los elementos que componen la estructura prefabricada y complementos en sitio, se genera la información base para la estimación de los costos respectivos.

Si esto se hace metodológicamente, y se utilizan ayudas informáticas, las tareas repetitivas se simplifican y las actualizaciones son automáticas, disminuye así la posibilidad de error, y se genera además un valor agregado al existir posibilidades de realizar un análisis de sensibilidad, para optimizar significativamente la estructura y lograr el mayor beneficio al menor costo.

Agradecimiento:

Al Ing. José L. Altamirano por su
dirección en el desarrollo de este proyecto.

Dedicatoria

A mi esposa Doria
A mis hijos Marco y Ronald

Resumen ejecutivo

Las empresas exitosas se caracterizan por su flexibilidad, adaptabilidad y búsqueda constante de la satisfacción de sus clientes y responderán a sus necesidades con calidad, excelente servicio y rapidez. Esta última característica determinará en gran manera el tener éxito en una contratación o negocio.

La adaptación e implementación de métodos y herramientas de estimación de costos para optimizar el uso de recursos y tiempo, y su respectiva reducción, adquiere una importancia relevante y estratégica, en el ambiente altamente competitivo de la industria de la construcción.

El paradigma actual nos impone retos y exigencias de celeridad y exactitud en la estimación de los costos de proyectos de ingeniería, por lo que debemos de actuar “proactivamente” para prever las necesidades futuras y desarrollar fortalezas que nos garanticen la efectividad y el éxito en esta empresa.

¿Cómo se elabora un presupuesto o estimación de costos, cuando no existe un diseño definitivo? ¿Cómo responder en forma rápida, eficaz y oportuna, a las exigencias de entorno actual? Para responder a estas interrogantes y otras relacionadas con el tema, se analizó cada etapa involucrada en las actividades de la estimación de costos, la información requerida, la información generada y cómo transformarla en una capacidad estratégica de la empresa para

ofrecer flexibilidad y variedad de alternativas a sus clientes consumiendo la cantidad mínima de tiempo en la preparación de la estimación de costos.

La información existente en los planos y especificaciones, en las etapas iniciales de un proyecto, es insuficiente y escasa, y podrían obstaculizar y dificultar el proceso de estimación de costos, paradójicamente es en esta etapa previa a la ejecución de las obras, donde muchos proyectos definirán su éxito o fracaso.

La exactitud de la estimación de costos y el riesgo asumido está directamente influenciada por la calidad de la información disponible, de ahí que corresponde evaluar minuciosamente las consecuencias desastrosas que se producirían al subestimar o sobrevalorar las obras. Con la primera se pierde dinero, con la segunda se pierde el proyecto.

El método de estimación de costos o presupuestación convencional, incorpora muchas actividades repetitivas que lo convierte en un proceso lento, tedioso, algunas veces complejo y con posibilidades de error.

Se requieren métodos y herramientas más efectivas, seguras y precisas en sus cálculos, que con diseños conceptuales y preliminares, permitan la estimación de costos directos de una obra de ingeniería, específicamente en este caso nos referimos y ajustamos a un edificio prefabricado de concreto.

Se desea realizar la estimación y sus actividades previas de diseño con el mínimo de inversión de tiempo, recursos y dinero de la empresa. Para lograrlo es necesario la evolución y progreso hacia un sistema de estimación de costos integral, automatizado, con posibilidades de generar escenarios y poder determinar la mejor opción posible, desde el punto de vista de costos, en un tiempo mínimo de respuesta, que permita el aprovechamiento máximo de los recursos, al asignarlos en la elaboración del diseño de la alternativa definitiva.

Se propuso como objetivo general el diseño de un modelo de estimación de costos para edificios prefabricados de concreto (estructura u obra gris), con flexibilidad en sus dimensiones tanto en planta como en altura y en cantidad de módulos. Con ajuste de las diferentes variables para el diseño: cargas gravitacionales, temporales, requerimientos sísmicos y en las características de los materiales predominantes como los aceros de refuerzo y concretos.

Se estableció un modelo de forma rectangular o cuadrada, con una cantidad de módulos desde 1X1 hasta 10X10 en cualquier combinación. Los módulos tienen una dimensión que oscila entre los 6 y 10 metros, lo que permite determinar y codificar los diferentes elementos prefabricados: losas multitubulares, vigas y columnas, además de las placas de fundación.

Se consideró en el diseño conceptual o preliminar los requerimientos del Código Sísmico de Costa Rica, versión 2002, para la determinación de cargas gravitacionales y temporales, así como la demanda sísmica. En esta última se simplificaron los cálculos mediante el uso de factores, a fin de valorar sus efectos en los diferentes elementos, se evita así el tener que realizar el análisis estructural detallado, que será necesario incorporar únicamente en la etapa de diseño definitivo y que no forma parte del alcance del presente trabajo.

Se contempla en los cálculos los requerimientos del diseño por capacidad, para los elementos prefabricados, y también, en el diseño de las placas de fundación con diferentes opciones tanto en su profundidad como en la capacidad soportante del terreno. Además se incluye el cálculo de los aceros de refuerzo y concretos por colocar en sitio en obras complementarias.

El resultado obtenido fue una estimación de las cargas a que estarían sometidos todos los elementos, así como las cargas en cada uno de los niveles, para proceder luego con el diseño preliminar que, a su vez, establece las bases para una cuantificación detallada y estimación de los costos unitarios (directos) de cada uno de los elementos prefabricados que componen la estructura, además de la cuantificación de materiales, equipos, grúas y transportes, estimación aproximada de las horas hombre, indirectos y la estimación del plazo de las obras en sitio.

La actualización de los precios de insumos junto con las opciones para realizar un análisis de sensibilidad, permite optimizar significativamente la estructura y lograr el mayor beneficio al menor costo.

Al implementar cálculo en forma metodológica y automatizada, se logra obtener una ventaja competitiva en cuanto a rapidez de respuesta, preparación de escenarios y escogencia de la mejor alternativa, la más viable y eficiente desde el punto de vista de costos, todo en forma previa al diseño definitivo y la elaboración de planos constructivos.

La generación de información oportuna y valiosa, se esgrime como herramienta de negociación de precios, proporciona un valor agregado en asesoría al cliente, y permite la opción más beneficiosa tanto para los clientes como para la empresa

Introducción

El entorno actual se caracteriza por los cambios constantes y vertiginosos, clientes más exigentes y conscientes de los costos, aumento de la competencia cada vez más arriesgada y por qué no hasta temeraria, donde el precio, la calidad, el tiempo y la tecnología son cruciales y nos obliga a ser más flexibles y eficaces.

La hipercompetencia exige afinar continuamente las prácticas en los negocios, y a optimizar la utilización de los recursos económicos y tecnológicos limitados.

En cada una de las etapas del desarrollo de un proyecto se requiere su costo aproximado, ya sea para valorar la inversión y su rentabilidad, o bien, para participar en un concurso o licitación. De aquí la importancia de realizar una estimación de costos, lo más exacta posible, que permita tomar decisiones oportunas y correctas.

Los niveles de detalle requeridos para la estimación de costos de construcción varían según la información existente en el momento de estimación y esta a su vez del estado de desarrollo del proyecto. El rango de estimación va desde la modalidad global, basada en variables o parámetros representativos como el área (m^2) o el volumen (m^3) en sus etapas tempranas, hasta del presupuesto de control antes de la construcción, con planos y especificaciones totalmente definidos.

La exactitud de la estimación de costos y riesgo asumido se verá directamente influenciado por información disponible y es aquí donde se aplica la ingeniería de costos, definida como el

área práctica de la ingeniería, donde el criterio y la experiencia son utilizadas en conjunto con las técnicas y principios científicos, aplicados al problema de la estimación de costos, su control y rentabilidad.

Muchas estimaciones de costos se elaboran con base en el diseño y planos constructivos en proceso, al igual que en las especificaciones, inclusive sin estudio de suelos y sin topografía completa. A esto se le añade la incertidumbre sobre el inicio de las obras, que podrían desplazarse fácilmente de la época de verano a la de invierno, con las respectivas implicaciones sobre el costo. La experiencia previa de proyectos similares y el criterio del ingeniero proyectista y/o diseñador, con su aporte de soluciones alternativas y valoración de los costos, permitirán tomar decisiones oportunas para que el proyecto se realice en forma tal que garantice su éxito, reduciendo al mínimo los errores y consecuencias desastrosas que se producirían al subestimar o sobrevalorar las obras.

No hace mucho tiempo, la elaboración de un presupuesto requería de arduas horas de trabajo repetitivas, era una actividad engorrosa, lenta y con alto grado de posibilidad de error. Actualmente con el apoyo informático, el tiempo que se requería se ha reducido de semanas a días, o inclusive a minutos, con actualizaciones y generación de alternativas en forma automatizada, y con un mínimo de inversión de recursos.

Para estimar el costo de un proyecto de ingeniería se requiere un amplio conocimiento de aspectos tales como: materiales, horas hombre, equipos, maquinaria, sistemas constructivos, condiciones del sitio, etc., además de tener a disposición los planos y especificaciones definitivas. Al incursionar en el sistema prefabricado, la información relativa al diseño convencional contenida en los planos y especificaciones se torna muchas veces insuficiente, ya que deberá realizarse un proceso de adaptación o equivalencia de los diferentes elementos que componen la estructura, llegando inclusive a elaborarse una alternativa que modifica aspectos básicos de modulación para lograr un aprovechamiento más eficaz de las características propias del prefabricado y reducir así los costos del proyecto.

Debido a los aspectos de diseño involucrados en esta actividad, se hace necesario introducir aquí la figura del ingeniero proyectista y/o diseñador, o bien combinación de ambos en un equipo de trabajo encargado de desarrollar un diseño conceptual y preliminar, como requisito previo a la etapa de estimación de costos.

En esta etapa, que podría denominarse como planeamiento conceptual del proyecto, es donde se consideran las diferentes alternativas, para luego pasar a la etapa de evaluación, comparación económica y viabilidad.

Al evaluar las alternativas se toma en cuenta que cumpla con los requerimientos del cliente y la utilización óptima de las ventajas y fortalezas del prefabricado, para garantizar una fórmula negociadora ganar-ganar.

Una vez que el proyecto ha sido claramente definido, se procede al diseño detallado, que es la base para la elaboración de los planos constructivos y sobre los cuales en última instancia podrán calcularse los costos definitivos.

Con la implementación de un modelo de cálculo metodológico y automatizado, se logrará obtener una ventaja competitiva en cuanto a rapidez de respuesta, preparación de escenarios y optimización de la estructura más eficiente desde el punto de vista de costos.

Problemática de la información

Los planos, detalles constructivos y sus complementos tales como: especificaciones, estudio de suelos, levantamientos topográficos (planimetría y altimetría), condiciones de sitio, constituyen la base para la estimación de costos y ejecución de la obra. Entre mayor exactitud exista en estos documentos mayor precisión tendremos en la estimación de los costos.

Lo cierto es que en la etapa previa a la ejecución de las obras, usualmente no se cuenta con la documentación totalmente desarrollada. Las ofertas muchas veces deben prepararse sobre un pliego de condiciones y planos generales (esquemáticos), y ante esta falta de información se debe improvisar con soluciones hipotéticas sobre las que se formulará el presupuesto.

Los propietarios, accionistas y empresarios, junto con las condiciones comerciales y financieras actuales, son los que definen el plazo de respuesta de oferta y luego el plazo constructivo, y si se quiere ser competitivo debemos adaptarnos a ellas.

Ante la necesidad de obtener el costo rápidamente, se hace necesario contar con una metodología y herramientas ágiles que permitan valorar el proyecto, determinar los parámetros más representativos, buscar la mayor eficiencia posible y proseguir con las etapas previas a su ejecución. Si se considera, además, el hecho de que la estructura conceptualizada para realizarse bajo modalidad tradicional de concreto reforzado

colado en sitio o bien en estructura de acero, no considera aspectos claves que pueden mejorar la eficiencia y competitividad de la estructura prefabricada, es esencial contar con un método que permita la reacción necesaria para influir en la definición de desarrollar el proyecto bajo este sistema constructivo.

Numerosos sistemas de información han sido desarrollados para la estimación de costos. Su rango de sofisticación varía desde un cálculo simple con base en hoja electrónica, hasta sistemas integrados que involucran el diseño, cálculos de componentes y determinación de costos.

Su implementación requiere desembolsos por concepto de compra, mantenimiento, entrenamientos y renovación de equipo de cómputo. Como alternativa a la compra de un sistema informático, se propone desarrollar un modelo ajustado, a los requerimientos específicos del prefabricado, que permita automatizar las tareas repetitivas del proceso de diseño e incorporar las de estimación de costos.

En este sentido, el objetivo de este estudio fue implementar un modelo de diseño estructural preliminar y estimación de costos directos de la estructura (“obra gris”) para edificios prefabricados de concreto de dos a cinco niveles, que sea dinámico, flexible y fácilmente utilizable, y que genere información relevante de los costos y permita la escogencia de la mejor opción posible.

Adicionalmente se establecieron entre otros los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar una metodología que sirva de guía en la estimación del costo en forma planificada, para reducir las posibilidades de riesgo, tanto en los aspectos técnicos como económicos, considerando las variables más relevantes o determinantes del costo de la obra gris de edificios prefabricados.

- Diseñar un modelo flexible para el diseño estructural preliminar de cada uno de los elementos prefabricados que conforman la estructura y su respectiva estimación de costos, incluyendo las obras en el sitio correspondientes al montaje del prefabricado.
- Diseñar un modelo de presentación amigable, de enfoque y orientación pragmática, implementado en una hoja electrónica de Excel, que mediante la programación en el lenguaje de “Visual Basic para Aplicaciones” permite su utilización y actualización en forma automatizada, disminuyendo así la posibilidad de error.



- Diseñar una herramienta para análisis de sensibilidad, como un modelo de simulación de estimación económica del tipo “que pasa si”, que permite la preparación de escenarios para optimizar significativamente la estructura y lograr el mayor beneficio al menor costo.
- Contemplar en los cálculos de diseño, los requerimientos del diseño por capacidad, simplificando el aspecto del análisis estructural, mediante el uso de factores.
- Diseñar preliminarmente todos los elementos prefabricados así como las placas de fundación, los aceros y concretos por colocar en sitio, para proveer la información suficiente para realizar el cálculo detallado de cada uno

de los elementos prefabricados y las obras en el sitio o complementarias.

- Que el modelo permita flexibilidad en sus dimensiones horizontal y vertical, en la cantidad de módulos o ejes, en la escogencia de las variables para el diseño, tanto en cargas gravitacionales, temporales como requerimientos sísmicos.

- Que el modelo genere en forma automática el diseño estructural preliminar y la estimación de costos.

Marco teórico

La estimación de costos y del plazo de ejecución de un proyecto es mucho más que simplemente cuantificar y poner precios. Esto conlleva el concepto de planificación de la obra, que ordenará la logística del proceso constructivo y servirá de base para su control posterior y retroalimentación.

Cada etapa del proceso de planificación, presupuesto y construcción, están intrínsecamente relacionadas y enriquecerán la experiencia para futuros proyectos.

Tipos de estimación de costos

Estimación aproximada

Se utilizan para conocer el costo antes de decidir emprender o construir un proyecto. Usualmente están basadas en una variable representativa de la capacidad o medida física de diseño tales como el área o el volumen.

Se requiere experiencia y juicio (criterio amplio), para ajustar los costos unitarios a las condiciones específicas del proyecto. La desventaja y riesgo por considerar es que no siempre el costo varía en forma lineal, y podría comportarse en forma logarítmica, exponencial e inclusive inversamente proporcional a la variable analizada.

Los datos históricos proveen información fundamental y valiosa, siempre que hayan sido recolectados y organizados de tal forma que

pueda hacerse compatible con el proyecto en cuestión y fácilmente actualizables, por lo que deberán ser utilizados prudentemente, ya que cambios relativos de los precios en ciertos insumos, podrían impactar sustancialmente los costos totales.

Estimación detallada

Considera que el proyecto está compuesto por actividades o componentes, cuantificables en forma precisa de los planos constructivos, que permiten determinar el costo de cada actividad, considerando el costo de los materiales, horas hombre, equipo, cargas fijas, administración y utilidad.

Métodos de estimación de costos

Una vez definida la tecnología constructiva dependiendo de la etapa de desarrollo del proyecto, este puede ser dividido en elementos o niveles de detalle según los propósitos de la estimación de costos. El costo unitario para cada elemento en la lista de cantidades puede ser calculado y procesado, para obtener el costo total de la construcción. Este procedimiento se basa en las características de la construcción y la tecnología empleada o método constructivo, que ajusta los costos unitarios de acuerdo con las

subdivisiones del proyecto, en rubros de subcontratistas o bien en rubros de cantidades que pueden ser cuantificables de planos o bien del diseño estructural preliminar.

Los métodos utilizados para la estimación de costos son muy variados y pueden ser vistos desde diferentes perspectivas,

Clasificación de acuerdo con los requerimientos

Estimación para diseño o escenarios

Se lleva a cabo durante el planeamiento y antes del diseño definitivo de un proyecto, consiste en la comparación de alternativas potenciales con fundamento en datos de costos de proyectos similares construidos en el pasado, y/o datos históricos de publicaciones comerciales o públicas. Está orientada al propietario o inversionistas, para medir la factibilidad económica.

Estimación conceptual

También podría llamarse preliminar y está basada en el diseño conceptual del proyecto en la etapa en que la tecnología básica del diseño es

conocida. El modelo propuesto se clasifica en esta categoría, desde el punto de vista de la tecnología por utilizar es de estructura prefabricada de concreto, sin embargo, su alcance tiene carácter de estimación definitiva al detallarse suficientemente cada uno de los componentes del sistema, lo que permite realizar apropiadamente la estimación de costos inclusive para nivel de oferta constructiva.

Estimación detallada o estimación definitiva

Es realizada cuando el alcance del trabajo está claramente definido y el diseño detallado está en progreso de tal forma que las características esenciales son identificables. Planos completos y especificaciones detalladas serán de gran utilidad para mejorar la exactitud de la estimación.

Estimación de control

Sirve para monitorear el proyecto durante su construcción. Incluye planeación, control y proyecciones.

Metodología

Previamente a la estimación de costos de un edificio o estructura con base en componentes prefabricados de concreto, debe existir un proceso de diseño conceptual que nos permita definir las características geométricas de los diferentes componentes de la estructura, a fin de proceder con la estimación de costos correspondiente

Para la elaboración de este diseño conceptual o preliminar es recomendable la utilización de una metodología y herramientas automatizadas, que hagan más expeditas las tareas repetitivas tales como: la escogencia de los factores de diseño, escogencia de cargas, factores para las cargas de sismo (aproximados), determinación de cargas gravitacionales y temporales.

Una vez definidos los parámetros de diseño, se procede con el diseño propio de los elementos prefabricados que servirán de base para la estimación de costos de la estructura, al igual que los costos relativos a la fase de montaje,

Es importante determinar los factores relevantes por considerar para las obras de sitio y cuales de ellos podrían automatizarse, tales como el cálculo de aceros, concretos, rellenos, sustituciones, grúas, transportes, etc., y como los podemos incorporar a los rendimientos de “mano de obra”, condiciones en el sitio, accesos y zona, en hojas esquemáticas o machotes que faciliten su manejo y posterior cálculo de los costos respectivos.

Conceptualización del modelo

Modulación

Se estableció una modulación variable y flexible, tanto en el sentido vertical como horizontal. La modulación horizontal (ejes numéricos del 1 al 10 y en ejes literales del A al K), con una cantidad de módulos que varían desde 1X1 hasta 10X10, en cualquier combinación y con una dimensión de 6 a 10 metros.

Horizontalmente, se consideró un único módulo de ajuste, en el sentido de ejes de carga (E1), y los módulos restantes, con dimensiones iguales a E3. En el sentido de los ejes de amarre (ejes literales del A al K), todas las dimensiones (E2) son iguales. Las áreas podrían oscilar entre los de 36 m² y 10,000 m² por nivel.

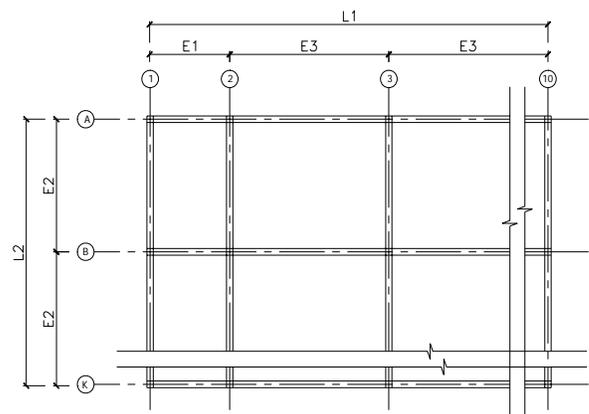


Figura 1. Modulación y dimensiones en planta.

En el sentido vertical se consideraron tres alturas diferentes, h_1 para el primer nivel, h_2 para niveles intermedios y un h_3 para el último nivel, con un máximo de cinco niveles, un mínimo de dos, y con la posibilidad de ser iguales entre sí. Se condicionan h_1 y h_2 a múltiplos de 0.17 m, para considerar una dimensión típica de contrahuellas de escalera.

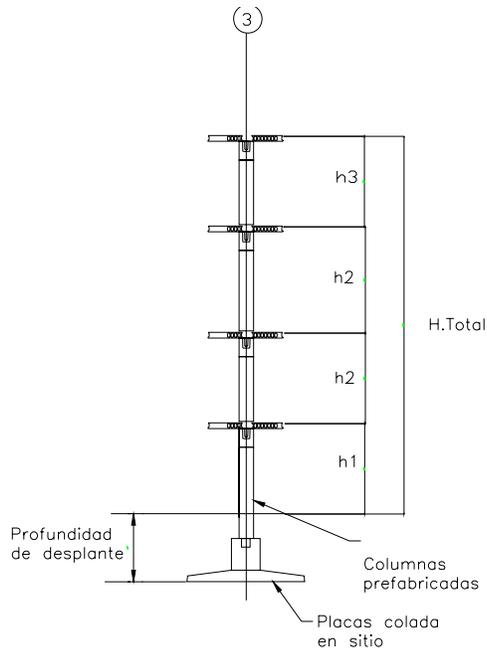


Figura 2. Dimensiones verticales.

Tipologías de componentes estructurales

Se definió una tipología típica y codificación de cada uno de los componentes estructurales en adelante llamados elementos tales como: losas multitubulares, vigas de carga, vigas de amarre y columnas, además de las placas de fundación que son coladas en sitio.

La tipología placas y columnas está limitada a ocho tipos.

La tipificación de vigas dependerá del tipo de modulación, esta se define tomando en cuenta la dirección de apoyo de la losa multitubular. Así, se tiene la modulación unidireccional (rectangular) o la modulación bidireccional (tablero). La tipología de vigas se reduce a cinco y seis tipos de vigas respectivamente. Las vigas en los diferentes niveles de entrepiso intermedio son iguales, excepto para la alternativa con azotea, que podrían corresponder a otro tipo de cargas temporales o bien ser iguales los entrepisos intermedios.

Para las vigas de techo (opción de azotea) se tienen cinco y seis tipos de vigas según sea la dirección de apoyo del entrepiso.

Las losas de entrepisos se tipificaron globalmente, se tiene un solo tipo para la modulación unidireccional (rectangular), y tres tipos para la modulación bidireccional (tablero), ya que dependiendo de las dimensiones y modulación su espesor y refuerzo podría variar. Su costo se calcula por metro cuadrado (m^2) y el diseño está definido según las tablas de longitudes máximas del anexo 1.

Codificación de elementos

La cantidad de elementos dependerá de la modulación específica. Podrían existir situaciones en que la cantidad de algún tipo de elemento sea igual a cero, y otras modulaciones en que se repitan o sean iguales, pero la cantidad de tipos nunca sobrepasará a los ya definidos, independiente de cualquier modulación escogida.

Para el cálculo de cantidades o tipos de elementos se crearon algoritmos que los cuantifican automáticamente.

Existen un total de ocho tipos de placas de fundación y ocho tipos de columnas, codificadas como del P-1 al P-8 y C-1 a C-8 respectivamente.

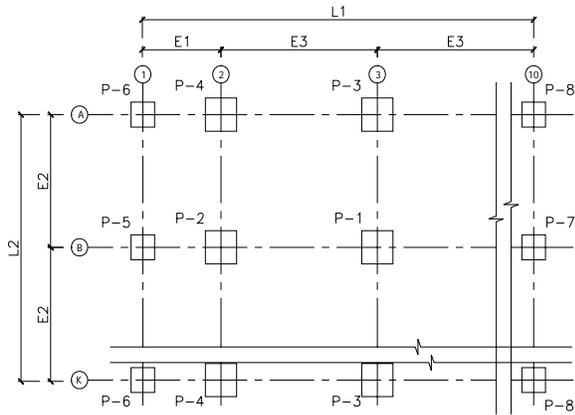


Figura 3. Codificación de placas de fundación.

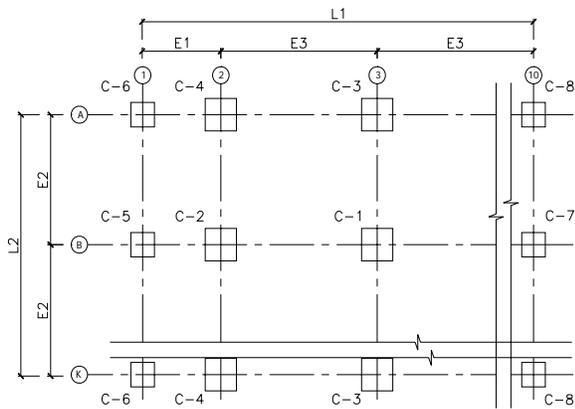


Figura 4. Codificación de columnas.

Las columnas se sub-clasifican en tipo A, para los dos primeros niveles (columna de doble altura), y tipo B, para siguientes niveles que podrían ser de una o doble altura, o bien una combinación de ambas para el caso de cinco niveles. Esto en cumplimiento con el inciso 12.9 del Código Sísmico de Costa Rica, versión 2002, que en adelante nos referiremos con las siglas CSCR-02, y que limita a las columnas así: durante el proceso de montaje las conexiones deberán completarse conforme avanza el montaje. En sentido vertical no debe haber más de dos pisos de conexiones sin terminar”.

Las vigas de entrepiso se codifican como VC-1 al VC-4 (vigas de carga) y VA-1 (vigas de

amarre) y VC-1 al VC-6 (todas vigas de carga) para modulación unidireccional y bidireccional respectivamente.

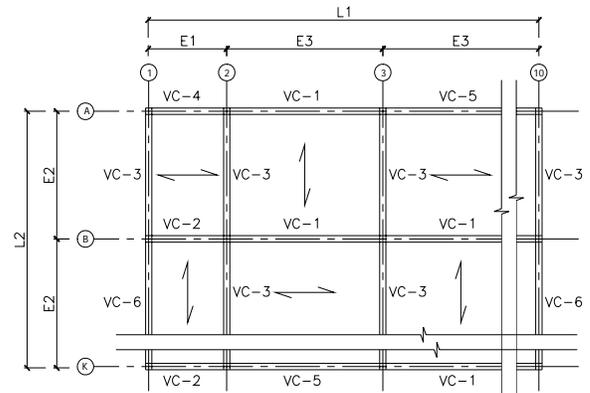


Figura 5. Codificación de vigas de entrepiso Modulación unidireccional (rectangular)

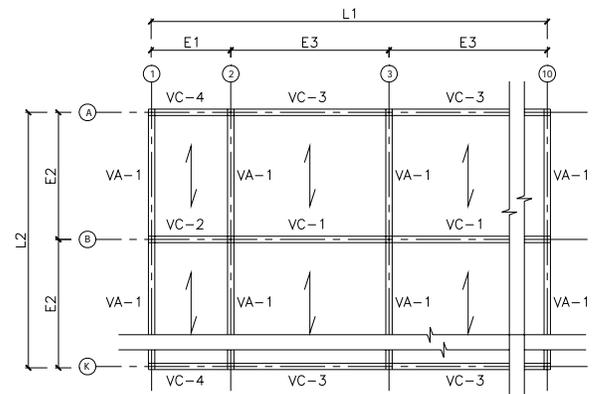


Figura 6. Codificación de vigas de entrepiso Modulación unidireccional (tablero)

Para la alternativa de azotea, las vigas de techo, se codifican como VT-1 al VT-5 en la modulación unidireccional y VT-1 a VT-6 en la modulación bidireccional.

Las vigas de techo podrían ser iguales a las vigas de entrepiso dependiendo de las cargas de diseño seleccionadas.

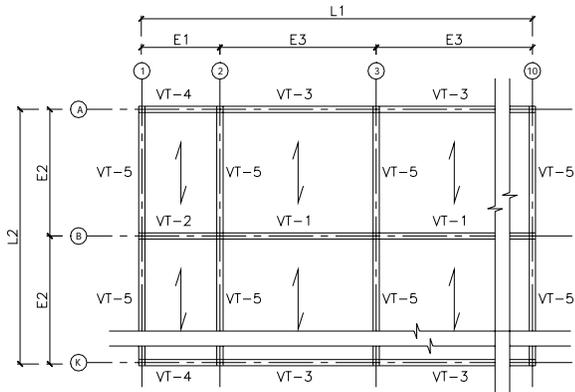


Figura 7. Codificación de vigas de techo o azotea Modulación unidireccional (rectangular)

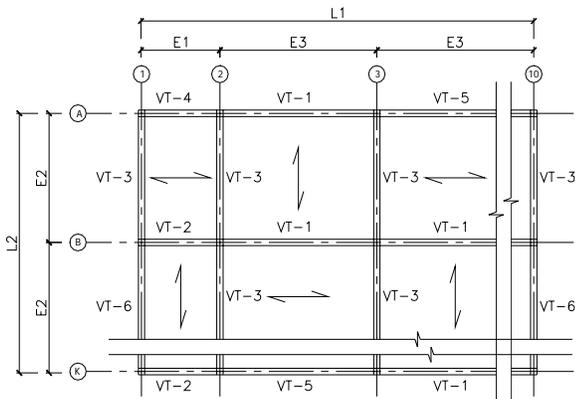


Figura 8. Codificación de vigas de techo o azotea Modulación unidireccional (tablero)

También se tiene la alternativa de vigas de techo prefabricadas pero sin losas multitubulares o azotea. En este caso servirían de soporte para la estructura y cubierta de techo con la siguiente codificación VT-1 a VT-3.

Por último se podría tener la alternativa sin vigas de techo prefabricadas. En este caso siempre se considera en el análisis preliminar las cargas correspondiente a la estructura metálica y

cubierta de techo. Corresponde al diseñador determinar un factor adicional de carga permanente (distribuida) que modele o considere el peso equivalente a las vigas de techo que se utilizarán.

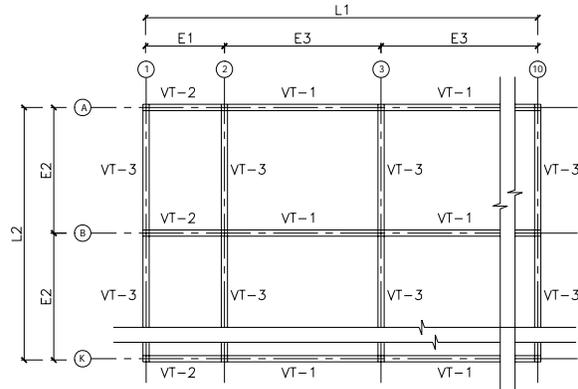


Figura 9. Codificación de vigas de techo

La unión o conexión entre elementos prefabricados

Las uniones son tipo conexiones húmedas, diseñadas para lograr la continuidad mediante la colocación de concreto en sitio ($f'c$ de 280 kg/cm^2) y con barras de refuerzo longitudinal que pasan a través de los nudos, comúnmente denominados bastones. Estos últimos son diseñados de acuerdo con el momento negativo en los extremos de las vigas. Los aros de los nudos son considerados e incorporados en las columnas. Los detalles típicos de las uniones entre la losa multitubular y las vigas (conexiones húmedas), se muestran en el anexo 2.

Metodología de diseño

El primer requisito de un diseño es que las estructuras deben soportar con seguridad todas las cargas que se les apliquen, para lo cual se deben conocer todas las cargas máximas posibles y sus combinaciones que puedan producir los máximos esfuerzos o deformaciones en las diferentes partes de la estructura.

Para efecto de simplificar el trabajo se toman las cargas mínimas de diseño para los diferentes usos de las estructuras, según indica el CSCR-02, sin embargo, estrictamente hablando, corresponde al diseñador evaluar las condiciones especiales donde no hay referencia de las cargas y se deberán realizar estudios para determinarlas.

Entre los métodos de diseño se tiene el *diseño por esfuerzos permisibles*, que considera que la estabilidad se garantiza cuando los esfuerzos generados por las cargas de trabajo, sus valores son muy reducidos en comparación con los esfuerzos de falla. Estas cargas de trabajo representan las cargas máximas que tendrá la estructura. Los esfuerzos admisibles se toman como una fracción del esfuerzo correspondiente a la falla.

Otro método puede ser el *diseño por resistencia*, *diseño por resistencia última*, *diseño plástico* o *diseño al límite*, todos tienen el supuesto de que pueden definir el comportamiento del punto de falla o cualquier otro punto de la estructura. Se trabaja con un factor de seguridad que satisfaga que las cargas de trabajo estén alejadas de las cargas de falla. Este último método es con el que se realizarán los cálculos respectivos.

Diseño estructural preliminar

Una vez definida la distribución horizontal y vertical de la obra y el número de niveles, se procede al cálculo de las cargas gravitacionales para cada uno de los elementos de la estructura: losas, vigas, columnas y fundaciones. Para esto deberán asumirse las dimensiones de estos, que deberán ser verificadas posteriormente. Simultáneamente se calculan las cargas temporales y la demanda sísmica. Luego se procede, mediante el análisis estructural, al cálculo de las reacciones correspondientes según las combinaciones de carga establecidas en el CSCR-02, que servirán de base para el diseño correspondiente.

No se incluye en el alcance del presente trabajo el análisis estructural detallado, sin embargo, se considera su cálculo en una forma simplificada, principalmente en lo que a sismo se refiere. Su efecto es considerado en los elementos de columnas y placas de fundación, no así en las vigas ni losas de entrepiso.

Se considera los aspectos más relevantes del análisis y el diseño, y se simplifican mediante el uso de factores que modelen adecuadamente sus requerimientos. Se acentúa aquí que los factores de diseño no son recetas, obedecen a la experiencia profesional acumulada, su incorporación acertada y ajuste depende del profesional a cargo. El criterio empleado en la escogencia de los factores en esta aplicación, proporciona un diseño estructural preliminar más ajustado a la realidad, de otro modo, simplemente se habrían dejado las variables fijas, sin oportunidad de escogencia.

Para el diseño de columnas se consideran las cargas sísmicas como momentos aplicados en forma proporcional a cada una de ellas, tomando en consideración que todas las columnas del nivel son de sección o rigidez constante, según el inciso 12.7, CSCR-02,

“diafragmas horizontales a base de elementos prefabricados, se consideran como rígidos al ser diseñados para ser capaces de transmitir las fuerzas de inercia inducidas por sismo al sistema resistente, de acuerdo con las rigideces de sus elementos estructurales”. El momento provocado por el sismo corresponde al cortante total en la base multiplicado por un factor de la altura en cada nivel y dividido por el número de columnas, lo que permite determinar en forma aproximada las cargas a que estarán sometidos. Este mismo concepto de distribución del sismo se aplica para el diseño de las placas de fundación.

Las losas se consideran simplemente apoyadas y no se diseñan en este apartado. Su escogencia se limita a la utilización de las tablas de Manual técnico de entrepisos pretensados (**Escosa**), capítulo 2, (anexo 1)

Las vigas se consideran simplemente apoyadas en las columnas en su primera etapa de carga y en la etapa final, la unión viga-columna se considera rígida.

Determinación de las cargas

Para la determinación de las cargas gravitacionales se utiliza comúnmente el término de “bajada de cargas”, que obedece a la forma en que se realiza, es decir, de arriba hacia abajo y es la estimación de las cargas a que estarán sometidos los diferentes elementos de la estructura en cada uno de los niveles.

La carga permanente incluye los pesos propios de elementos constructivos, sean estos estructurales o no estructurales, tales como las vigas, columnas, particiones livianas, techos, y los pesos de sistemas y componentes arquitectónicos, eléctricos y mecánicos.

Cargas permanentes y temporales

La determinación de cargas gravitacionales o permanentes es calculada con una densidad del concreto equivalente a 2400 kg/m^3 y su magnitud dependerá de la interacción de los diferentes elementos resultantes: losas multitubulares, sobrelosas, vigas de carga, vigas de amarre y columnas. Se considera además una carga permanente adicional y variable, formada por el acabado del piso, paredes livianas, ductos electromecánicos y otros, incluidos los pesos propios de los elementos. Se inicia definiendo el espesor de las losas multitubulares, que depende de la carga superimpuesta y la luz libre, luego el peralte de las vigas y las dimensiones de las columnas.

Para el nivel superior (techo) se considera el peso de la estructura y cubierta de techo, si este aplica o bien las cargas correspondientes a la azotea con base en los elementos prefabricados. Se totaliza la carga permanente y se distribuye uniformemente en forma equivalente por metro cuadrado (CP/m^2).

No se considera cargas puntuales. Para el apoyos o cargas de esta categoría, como el caso de cerchas o cualquier otro elemento específico, deberá estimarse una carga uniformemente distribuida equivalente, a criterio del diseñador.

Para las cargas temporales, se utiliza los valores mínimos especificados en el CSCR-02, y en los datos de entrada se tiene la posibilidad de escoger diferentes valores para los niveles intermedios de entrepisos, para azotea o bien carga temporal para techos.

En la tabla 1 se especifican algunas cargas gravitacionales y temporales típicas que podrían variar de acuerdo con las condiciones o requerimientos específicos de cada proyecto y deberán ser evaluadas particularmente.

Cargas gravitacionales o permanentes

Sobrelosa de 5 cm	120	kg/m ²
Multitubular de 16 cm	240	kg/m ²
Piso cerámica	50	kg/m ²
Paredes livianas	50	kg/m ²
Cielos	25	kg/m ²
Instalación mecánica	20	kg/m ²

Cargas temporales

Oficinas	250	kg/m ²
Azoteas	200	kg/m ²
Techo	50	kg/m ²

Tabla 1. Algunas cargas permanentes y temporales típicas.

El tipo de modulación, sea este rectangular o en tablero, podría hacer variar el cálculo de espesores de las losas multitubulares y peraltes vigas, este a su vez influye en el cálculo de las cargas permanentes, que podrían variar las cargas de diseño para las vigas, las columnas y las placas de fundación. La modulación no influye en el cálculo de las cargas temporales. En el modelo automatizado siempre se realizan los cálculos para cada una de las modulaciones definidas, para permitir su respectiva comparación.

De acuerdo con la tipología establecida, se distribuyen las cargas según las áreas tributarias, que permitirán calcular los momentos positivos y negativos de las vigas para los diferentes etapas de cargas y posterior diseño.

En el caso de columnas y placas de fundación las cargas se transforman a cargas axiales y momentos que simulan el efecto de las fuerzas sísmicas.

Demanda sísmica

La determinación del coeficiente y demanda sísmica está basado en el capítulo 2 del CSCR-02.

Los pasos detallados para su determinación están esbozados en el apéndice 7.

Fórmulas:

$$\text{Coeficiente Sísmico. } C = \frac{a_{ef} \cdot I \cdot Fed}{Sr}$$

$$\text{Cortante total en la base. } V = C \cdot W$$

Cálculo de fuerzas sísmicas para un nivel dado.

$$F = V \cdot \frac{w_i \cdot h_i}{\sum w_k \cdot h_k}$$

En este punto se introduce una simplificación para obviar el análisis estructural detallado, que involucraría una demanda importante de tiempo y recursos, malograría la flexibilidad propuesta para los cálculos preliminares y la preparación de escenarios que permitirían la selección de la alternativa óptima y final donde se aplicará el cálculo estructural correspondiente.

La simplificación consiste en asumir la distribución aproximada de fuerzas sísmicas en todas y cada una de las columnas y las placas uniformemente, de acuerdo con un valor de cortante en la base y multiplicado por un factor de la altura que nos definirá el momento sísmico.

El valor de este factor depende principalmente de la modulación horizontal y vertical de la estructura, así como la uniformidad en la sección de las columnas y de la existencia de muros. Para este modelo se considera su variación en el rango de 0.50 a 0.70 de la altura "h". Corresponderá al ingeniero proyectista y/o diseñador escoger un valor que modele adecuadamente la estructura.

Consideraciones específicas

Cargas y factores de participación

El diseño por capacidad de los elementos prefabricados debe considerar la participación de las diferentes acciones, el inciso 6.2 del CSCR-02, especifica que “cada elemento, componente o unión de la estructura, y ésta como unidad, deberá tener capacidad para resistir las siguientes combinaciones de *cargas últimas*”:

$$CU = 1.4 CP \quad [6-1]$$

$$CU = (1.2 CP + 1.6 CT) + 1.6 CE \quad [6-2]$$

$$CU = 1.05 CP + f_1 CT \pm CS + CE \quad [6-3]$$

$$CU = 0.95 CP \pm CS + CE \quad [6-4]$$

donde:

CU = carga última.

CP = carga permanente.

CT = carga temporal.

CS = carga sísmica.

CE = carga por empuje, este último no ha sido considerado en ninguno de los análisis ni diseños.

Y donde el factor f_1 está dado por:

$f_1 = 0.5$ para edificaciones de baja probabilidad de ocupación plena de carga temporal a la hora del sismo.

$f_1 = 1.0$ para edificaciones con alta probabilidad de ocupación plena de carga temporal a la hora del sismo, tales como: bodegas, sitios de reunión pública, estacionamientos públicos, etc.

$f_1 = 0.0$ para techos.

En las losas multitubulares, se consideran las combinaciones [6-1] y [6-2]

En las vigas se consideran las combinaciones [6-1] y [6-2]

En las columnas y placas de fundación, se consideran todas las combinaciones, con la simplificación en la carga sismo comentada anteriormente.

En ningún caso se utiliza el factor CE, carga por empuje.

Diseño de losa multitubular

Como sistema de entrepiso se considera la losa hueca prefabricada o multitubular, con espesores de 9, 13, 16, 20 y 25 cm. El espesor por utilizar estará en función de la luz libre y la carga “superimpuesta”. Su dirección puede ser en forma unidireccional (rectangular) o bien bidireccional (tablero).

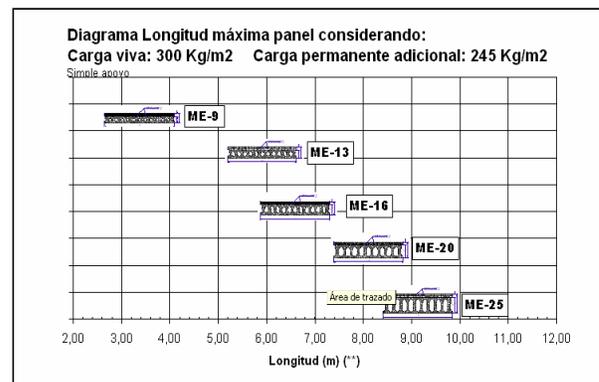


Figura 9. Longitud máxima de losa multitubular.

Fuente: Manual Técnico ESCOSA.

Las tablas detalladas con diferentes combinaciones de carga y diferentes refuerzos, se especifican en el anexo 1.

Sobrelosa colada en sitio

El inciso 12.7, CSCR-02, menciona que “para integrar los elementos prefabricados del diafragma con el resto de la estructura se puede emplear una sobrelosa colada en sitio de un espesor mínimo de 5 cm., para edificios de hasta 5 pisos de altura y de 6 cm para edificios de más de 5 pisos, y con un refuerzo mínimo equivalente al de contracción y temperatura”. En observancia de lo anterior se estableció para la sobrelosa posibles espesores de 5, 6 o 7 cm., con intención de considerar posibles contraflechas del prefabricado y que podrían generar un espesor mayor, con su respectivo incremento en volumen de concreto. Las resistencias por considerar oscilan entre los 210 y 280 kg/cm². Para el refuerzo se consideró suficiente el uso de malla electrosoldada #1, pero bien podría sustituirse por el uso de una malla con varilla #2 o #3.

Diseño de vigas

Diseño por flexión

Las dimensiones de las vigas están limitadas a un ancho de 25 o 30 cm, para vigas de amarre y de carga, respectivamente. Su peralte será definido por una relación de luz libre de L/14 o L/12 según corresponda. Adicionalmente se consideró una relación por el efecto de áreas tributarias mayores a 100 m², o bien cargas temporales mayores a los 500 kg/ m².

Las dimensiones de las vigas de techo son idénticas a las vigas de amarre, no así su refuerzo. Además, no llevan “completamiento” en sitio y se diseñan en su primera etapa con sección completa.

En términos generales las vigas se diseñan por capacidad y por etapas de carga que

podrían variar al ser estas apuntaladas o no, en su etapa de montaje.

En la primera etapa las vigas en sección prefabricada están simplemente apoyadas en las columnas. Las cargas que resisten, peso propio, losas multitubulares y sobrelosa dependerán de si estas son apuntaladas o no. En la etapa final, la unión viga-columna se considera rígida, y entran las demás cargas gravitacionales y temporales. No se considera el sismo, se asume que el diseño es regido por las cargas gravitacionales, según la primera o segunda combinación.

Con las cargas permanentes y temporales se calculan los momentos respectivos en cada etapa de carga, las cuales están sujetas también a la determinación previa del peralte total que definirá el peso propio del elemento. La sección completa de la viga incluye el espesor de la losa multitubular y el espesor de la sobrelosa. El peralte de primera etapa se calcula con base en la sección del prefabricado y el de segunda etapa, a la sección completa.

Cálculo de áreas de acero

Fórmulas utilizadas para determinar:

Área de acero máximo y mínimo.

$$A_{s_{\max}} = \rho_{\max} \cdot b \cdot d \quad A_{s_{\min}} = \frac{14 \cdot b \cdot d}{(f_y)}$$

Área de acero por flexión, se calcula despejando “As” de la siguiente fórmula.

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

Donde:

As: en cm^2
b : en cm
d : en cm
f'c: kg/cm^2
fy : kg/cm^2
Mu : kg-cm
: 0.90

$$\text{Donde: } S = \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{(V_u - \phi \cdot V_c)}$$

Vu: en kg
Vc: en kg
: 0.75

El cortante último varía de acuerdo con cada zona.

No se calcula el cortante sísmico Vs.

En el acero de pretensión se utilizan de dos y nueve torones de ½ pulgada de diámetro, además de ser necesario y para ajustes se adiciona acero de refuerzo convencional grado 60 ksi (4200 kg/cm^2).

El peralte efectivo "d", está limitado a un solo valor de h-5 cm. Este podría ser variado en una futura revisión, sin embargo por razones de redondeos, al valor superior al estimar los diámetros de varilla, su efecto se considera despreciable.

Cortante

El cálculo del cortante se realiza en tres secciones en el sentido longitudinal de la viga, a una distancia de "d", "2d" a partir del extremo y en la zona central, según las siguientes formulas:

Resistencia del concreto.

$$V_c = 0.53 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

Cortante último requerido.

$$V_u = w \cdot (lu - d) / 2$$

La separación de aros "S" en la zona de confinamiento "2d", debe cumplir las siguientes separaciones mínimas: d/4; 8 db; 24 d_{aro}; 30 cm, donde se escoge el valor menor.

La formula de separación de aros está dada por la relación:

Diseño de columnas

Las columnas se definen como elementos que resisten principalmente cargas de compresión, pero también soportan momentos flectores con respecto a dos ejes de la sección transversal y esta acción de flexión puede producir fuerzas de tensión sobre una parte de la sección transversal.

El tamaño y capacidad de las columnas, fueron definidos por los principios de diseño por capacidad. Se determina la carga axial y el momento que le transmite las vigas que llegan al nudo, en todas sus combinaciones de cargas gravitacionales, temporales y de sismo.

Para el diseño se confeccionaron los diagramas de interacción de columnas cuadradas con dimensiones que oscilan de los 40 cm a los 80 cm, y con refuerzos longitudinales típicos (apéndice 8). Una vez definidas las cargas se verifica que tanto el Pu como el Mu estén dentro de uno de los diagramas. El refuerzo por confinamiento (aros) se calcula individualmente para cada columna.

Todas las columnas del nivel tienen la misma sección, lo cual permite distribuir la fuerza de sismo en forma uniforme. El refuerzo longitudinal podría ser igual o diferente dependiendo de la modulación y por consiguiente de las cargas.

Una vez realizado el diseño, se revisa además el concepto de columna fuerte-viga débil, también con la opción de escogencia, que permite al ingeniero considerarlo o no, según su criterio, ya que esta revisión rige diseño en la mayoría de los casos y podría ser que una sola columna del nivel que no cumpla con este criterio nos modifique la dimensión de todas.

Para la revisión se considera el momento de las columnas a capacidad (25 % adicional en la fluencia del acero) y debe cumplir con la siguiente relación:

$$M_{uc} \geq \frac{6 \cdot M_{uv}}{5}$$

No se consideran revisiones de esbeltez.

La sección de columna podría variar entre la columna tipo A (primeros dos niveles) y el tipo B, siguientes niveles dependiendo de las cargas, alturas y relación columna fuerte-viga débil, pero restringido a no más de 10 cm.

El diseño de columnas se basa en las dos ecuaciones básicas de equilibrio para elementos rectangulares o cuadrados que están sometidos a compresión excéntrica y que sirven de base para el cálculo de los diagramas de interacción P-M (apéndice 8), que relacionan a la carga axial y al momento flexionante en los miembros a compresión.

El equilibrio entre fuerzas axiales internas y externas:

$$P_n = 0.85 \cdot f'_c \cdot ab + A' s f'_s - A_s f_s$$

El momento de los esfuerzos y fuerzas internas con respecto a la línea central de la sección debe ser igual y opuesto al momento de la fuerza externa $P_n \cdot e$ de manera que:

$$M_n = P_n \cdot e = 0.85 \cdot f'_c \cdot ab \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + A' s \cdot f'_s \cdot \left(\frac{h}{2} - d' \right) + A_s \cdot f_s \cdot \left(d - \frac{h}{2} \right)$$

Cortante

Se calcula el cortante del concreto,

$$V_{con} = 0.53 \cdot \left(1 + \frac{P_u}{14061 \cdot A_g} \right) \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot h \cdot \phi$$

luego la separación de aros en las zonas centrales

$$S = \frac{\phi \cdot f_y \cdot A_{vf} \cdot d}{V_u - \phi V_{con}}$$

y para las zonas de confinamiento

$$S = \frac{A_{sh} \cdot f_y}{0.09 \cdot h_c \cdot f'_c} \quad A_{sh} = \frac{\# \cdot \phi \cdot v^2 \cdot \pi}{4}$$

Diseño de placas de fundación

Se consideran todas las combinaciones de cargas especificadas en el CSCR-02, pero no así las reacciones verticales producidas por las fuerzas sísmicas.

El método de diseño es interactivo. En una primera estimación se asumen las dimensiones de cada uno de los elementos prefabricados para el cálculo de cargas respectivo y con un espesor inicial para placa se procede a revisar los parámetros de diseño respectivo.

Después de la primera interacción, se revisan las cargas tomando en cuenta cualquier variación de dimensiones en las columnas, anchos de pedestal y espesores de placas, que modificarán las cargas supuestas inicialmente. Los elementos horizontales no varían.

Recalculadas las cargas se interactúa nuevamente y se obtiene el diseño final de placas de fundación, garantizando así el cálculo real de cargas para diseño y el diseño mismo. Tanto la primera como la segunda interacción son automáticas y afectan únicamente las placas y

columnas, ya que el diseño de las losas y vigas son independientes de este cálculo.

A_t : Área Total
 T : Espesor de la placa
 d_v : diámetro de varilla

Procedimiento interactivo

El procedimiento consiste en:

1. Asumir las primeras dimensiones para iniciar los cálculos.
2. Definir el f_y , f'_c y los valores de capacidad soportante del terreno y el factor de seguridad.
3. Introducir profundidad de cimentación y la capacidad soportante (10 hasta 25 ton/m²) el factor de seguridad, generalmente FS=3, son especificados en el estudio de suelos. Se asume un peso específico del suelo $\gamma_s = 1.7$ ton/m³.
4. La profundidad de cimentación, es uniforme para todas las placas, podría variarse para la opción de alternativas, dependiendo de la capacidad soportante del suelo y si hay o no sustituciones.
5. Calcular las diferentes combinaciones de los Momentos M_u , y las cargas P_u , presiones, excentricidad (e) M_u/P_u y a $L/6$, comprobar que la sección este a compresión al menos en la mitad de la placa.
6. Por interacción para cada dimensión y espesor, se revisa el peso de la placa y del suelo, y se recalcula la carga última total (P_{ut}).

Fórmulas utilizadas :

$$P_u = \left(\frac{W_p + W_s}{A_t} \right) \quad d = T - \text{Re cub} - \frac{d_v}{2}$$

donde:

w_p : peso propio
 w_s : peso del suelo

con:

$$Q_{m\acute{a}x} = q_{m\acute{a}x} - P_u$$

$$Q_{m\acute{i}n} = q_{m\acute{i}n} - P_u$$

Cortante

$$V_{con} = 0.53 \sqrt{f'_c} \cdot b d \cdot \phi$$

$$V_u = \frac{(w + q_{max})}{2} \cdot (l - d) \cdot L$$

donde:

V_{con} : Cortante del concreto
 V_u : Cortante último
 $:$ 0.75
 b, d : Ancho y peralte

Momento

$$M_u = (x \cdot L \cdot 1m) \cdot \frac{L}{2} + \left(\frac{y - x}{2} \right) \cdot L \cdot 1m \cdot \frac{2}{3} \cdot L$$

Cálculo de área de acero requerido

El acero por flexión, se calcula despejando A_s , en la siguiente formula

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

Área de
 acero mínimo.

$$A_{s_{min temp}} = 0.002bt$$

También se revisa el cortante perimetral alrededor del pedestal a una distancia "d", conocido como cortante por "punzonamiento".

Metodología para la estimación de costos

Se han considerado los costos directos o gastos propios de cada actividad, derivados del cálculo de cantidades y costos unitarios de los insumos.

Para la estimación de costos de montaje se tomó en consideración una secuencia lógica de obras, con traslape de actividades y rendimientos específicos.

Para la confección de una base de datos de rendimientos, se consideró una estructura de forma regular, de tres niveles, con dos entrepisos y vigas de techo. Sus dimensiones de 30 x 30 m, acceso para el montaje con grúa móvil en los cuatro costados, superficie de rodamiento en tierra y en época de verano (proyecto real, experiencia previa de montaje).

Las condiciones anteriores son óptimas desde el punto de vista montaje y sus rendimientos sirven como plataforma para proyectar los de otros proyectos, al “homologarlo” mediante el uso de factores que simulen las nuevas condiciones.

En el apéndice 2.d, correspondiente a datos de montaje, se incluyen los principales factores que se utilizarán como base en la estimación de los rendimientos y la duración del proyecto. En la última sección se introducen características del terreno, que de acuerdo a las condiciones propias del proyecto podrían generar factores individuales de “premio o castigo” entre el 2% y 5%. El factor total se obtiene multiplicando los factores individuales, y definen la duración del proyecto y los factores individuales podrían afectar rendimientos de montaje y/o de obras complementarias.

En cuanto a los insumos, tenemos el costo de las horas hombre, cargas sociales, materiales con acarreo e impuestos, seguros y pólizas de construcción que se estiman en forma porcentual.

Los costos unitarios son introducidos por el usuario y podrían variarse de acuerdo con la zona, disponibilidad y época del año, siempre utilizando el criterio.

El costo de los elementos y actividades respectivas incorporan en forma porcentual los desperdicios o ineficiencias en la utilización, de acuerdo a los diferentes tipos de materiales, como los concretos, aceros, lastreado, etc., sin embargo, no se adicionó ningún porcentaje por utilidad, administración e imprevistos, aspectos más específicos de la empresa.

En el módulo de obras en sitio, correspondiente al montaje de los elementos y “completamientos”, se consideraron los siguientes aspectos:

1. Irregularidad del terreno, accesos, colindancias.
2. Altura de la estructura y área.
3. Grúas por utilizar (móvil o torre), cantidad, superficie de rodamientos (en tierra, lastre o asfalto), inclusión de factores relacionados con el terreno tales como: pendiente, colindancias y frentes de montaje así como el ancho disponible para las maniobras.
4. Se han considerado los parámetros más relevantes. Los cálculos se realizan en forma proporcional, de acuerdo con el número de elementos, volumen de concretos en sitio, área en planta y altura, accesos y grúas por utilizar. Sin embargo hay que enfatizar que esta estimación, a diferencia de los elementos prefabricados, cuya manufactura se lleva a cabo bajo condiciones controlables, presenta mayor grado de variabilidad y depende de factores externos que deben ser evaluados en una forma más profunda y en detalle por el ingeniero proyectista.

A mayor cantidad de módulos y niveles, se asocia mayor dificultad, incertidumbre y riesgo,

por lo que siempre serán fundamentales para la estimación de los costos y la planificación de los procesos constructivos, el criterio y experiencia por parte del profesional correspondiente.

A fin de garantizar una adecuada estimación de costos, es de gran utilidad disponer de datos históricos de obras similares. Como se puede observar en esta fase, no es tan fácil automatizar, como en el caso de los elementos prefabricados, cuyos componentes son fácilmente cuantificables y el proceso es más industrializado.

Por lo anterior, el costo estimado podría variar fácilmente de un ingeniero proyectista a otro, de acuerdo con su conocimiento y

valoración de las circunstancias específicas del proyecto.

Se incorpora un factor adicional, la época del año, para considerar el grado de dificultad que podría producir este factor en el proyecto.

No se consideran aspectos específicos de la zona como la calidad y la disponibilidad de personal, materiales, proveedores, transportes, servicios y condiciones climáticas. Además, no se incluyen porcentajes de imprevistos, costos indirectos, ni de utilidad.

Resultados

El alcance del proyecto está limitado al diseño de un modelo de estimación de costos directos para la estructura (obra gris) con base en elementos prefabricados de concreto y sus obras complementarias en sitio.

El Código sísmico de Costa Rica, define los elementos y componentes prefabricados como “aquellos que son fabricados o construidos en un lugar diferente al que ocuparán finalmente en la estructura”, y añade “la prefabricación puede ser total o parcial. Los elementos y componentes prefabricados pueden ser presforzados, reforzados convencionalmente o una combinación de ambos”.

Aplicabilidad del modelo

Este modelo se circunscribe al tipo de estructura denominado “tipo marco” conformado por columnas, vigas y entrepisos prefabricados.

El modelo diseñado provee una ayuda o soporte informático para realizar el diseño estructural preliminar de cada uno de los elementos prefabricados que componen la estructura propuesta y que servirá de base para la estimación de costos.

Ha sido desarrollado en la hoja electrónica de Excel, y automatizado mediante la programación en Visual Basic para aplicaciones, con cálculos sencillos pero potentes que simplifican la ejecución de las actividades de repetitivas, tanto del diseño como de la

estimación de costos. Este modelo se ejecuta en forma rápida, con menos esfuerzo y con menos posibilidades de error. La evaluación rápida de diferentes opciones da la oportunidad de hacer modificaciones y presentar alternativas para escoger la más eficiente previo al diseño y elaboración de planos definitivos.

El costo calculado de los elementos prefabricados es preciso de acuerdo con los datos de diseño preestablecido y su actualización es inmediata, con el uso de base de datos, de materiales, alquileres y rendimientos.

Como el modelo utiliza datos paramétricos, siempre será posible determinar las cantidades de obra y obtener los costos actualizados en correspondencia con la fecha de actualización de los insumos.

Introducción de datos

En esta sección se especifican todos los datos, factores, coeficientes y resistencias, necesarios para realizar un diseño preliminar bajo el concepto de sistema sismo resistente para cada uno de los diferentes elementos y componentes prefabricados, que luego se utilizarán para la estimación de los costos correspondientes. Estos, junto con la información de desperdicios, se retroalimentan de una base de datos común para todos los presupuestos, que es actualizada periódicamente según las necesidades y/o variaciones.

La estimación de los costos de obras en sitio incluye: ineficiencias o desperdicios, anchos adicionales y profundidades de excavación, costos relacionados directamente con el proyecto tales como: salarios, viáticos, jornada de trabajo, época del año, costos de transporte y grúas. Lo anterior se hace con el fin de realizar en forma automatizada una valoración de las condiciones específicas de la obra.

Como podrá observarse, la cantidad de información requerida es extensa y numerosa, sin embargo proporciona una amplia gama de posibilidades y variantes, que hacen que el modelo, flexible y ajustable a diferentes situaciones que podrían presentarse.

Algunos de los datos son de uso común y prácticamente constantes que se manejan mediante la base de datos de insumos, sin embargo otras requerirán del criterio y la experiencia del ingeniero proyectista y/o diseñador para evaluar adecuadamente la situación que mejor se adapte al proyecto en proceso.

Con el fin de disminuir la posibilidad de cometer errores u omisiones, se confeccionó un menú principal que sirve de guía al usuario, a través del cual se introduce toda la información necesaria en forma lógica y secuencial, lo mismo que un menú para la impresión de cálculos detallados, costos unitarios, costos totales y resúmenes por elemento (apéndice 1).

En la siguiente sección se explican cada una de los formularios u hojas con los datos de ingreso, factores y precios (apéndice 2).

Factores y cargas de diseño

1. Determinación de los parámetros básicos de diseño.
2. Dimensiones referentes a la profundidad de cimentación, espesor de sellos,

recubrimientos y ancho de excavación, que se define como una dimensión adicional al ancho "B", calculado en el diseño de la placa de fundación. Con respecto a la profundidad de cimentación, está estrechamente relacionada con la capacidad soportante del terreno, del espesor de sustitución en caso de ser requerida y altura de pedestal.

3. Factores de desperdicio y abultamiento, para los diferentes tipos de materiales por utilizar, que se agregarán directamente en el cálculo de los costos unitarios.
4. Propiedades mecánicas de los materiales por utilizar. Concretos en sitio se especifican de diferentes resistencias desde los 210 Kg./cm² hasta los 350 kg/cm². Su definición y uso dependerá del elemento, como placas, sobrelosas o completamientos estructurales. Para los elementos prefabricados se utiliza únicamente la resistencia de concreto de 350 kg/cm². y el concreto de completamientos de vigas y nudos, generalmente se diseña con una resistencia de 280 kg/cm².
5. Los aceros son de grado 40 ksi (2800 kg/cm² y grado 60 ksi (4200 kg/cm²). Para efectos prácticos, comparativos y de eficiencia se utiliza el acero grado 60, para los aceros de placas y aceros longitudinales en los completamientos de vigas, y el acero transversal (aros de confinamiento) de grado 40. Para los elementos prefabricados se utiliza acero grado 60 en el sentido longitudinal y el acero transversal es de grado 40. Su uso dependerá del criterio del ingeniero diseñador, durante el diseño definitivo, en general es de grado 60. El acero pretensión de alta resistencia de las vigas posee una resistencia última (f_{pu}) que varía de 19000, 18100 y 17100 Kg/cm².
6. El acero longitudinal de las columnas y conexiones viga-columna se detalla con una

resistencia de 4200 kg/cm² y en el acero transversal con 2800 Kg/ cm².

7. Factores de diseño por considerar. Además de la capacidad soportante del terreno, se incluyen factores de ocupación y reducción de carga viva, factor de seguridad, coeficientes para la determinación de los momentos últimos para las vigas en 2ª etapa y momentos negativos.
8. Las cargas de diseño, tanto gravitacionales o permanentes como las cargas temporales, están basadas en lo especificado en el CSCR-02.
9. Como alternativas para el último nivel, se dispone de tres posibles opciones: sin vigas de techo, con vigas de techo y con azotea (losa multitubular y vigas). Esta última con posibilidad presenta la opción de escoger cargas temporales diferentes al resto de los niveles.

Demanda sísmica

El cálculo del coeficiente Sísmico nos permite determinar el cortante en la base, al tomar en consideración los factores y parámetros del CSCR-02. En el apéndice 7 se especifica el procedimiento paso a paso para la determinación de, cada uno de los coeficientes por utilizar en la fórmula.

$$C = \frac{a_{ef} \cdot I \cdot Fed}{Sr}$$

La zona sísmica y tipo de suelo o terreno definen la aceleración tipo efectiva (a_{ef}), el período de la estructura, ductilidad global asignada y factor de importancia de la estructura (I), para determinar el factor espectral dinámico (Fed) y factor de sobrerresistencia (SR).

Según el CSCR-02, a sistemas estructurales prefabricados se les debe asignar una ductilidad de 1.5, salvo que mediante estudios analíticos y experimentales se justifique un valor mayor.

Modulación y alturas

Se especifican la cantidad de niveles, entrepisos, módulos y dimensiones horizontales y verticales de la estructura y la cantidad de módulos iguales y/o de ajuste.

Información generada

Estimación de cargas gravitacionales y temporales

El resumen de la estimación de cargas para las placas de fundación y columnas se puede observar en el apéndice 3.

Costos de los elementos prefabricados

Una vez realizados los cálculos de diseño de cada uno de los elementos prefabricados que conforman la estructura u obra gris, se tiene la información necesaria para realizar la cuantificación de las cantidades de insumos, que servirán de alimentación a las hojas de costos unitarios y que posteriormente definirán el costo total de la estructura.

Para cada tipo de elemento prefabricado, según la codificación establecida se genera una hoja de cálculo tipo machote, en las que se incorporan todos los componentes que

conformarán el costo unitario para cada uno de ellos (apéndice 3).

Posteriormente se incorporan en hojas tipo resumen, por elementos y a su vez en un cuadro comparativo que muestre los costos totales para las diferentes modulaciones ya sea de tablero o rectangular (apéndice 4), donde se especifican las cantidades, costos unitarios, relaciones de elementos/m², m³/m², facilitando información útil en el caso de ajustes que a criterio del ingeniero proyectista deban incorporarse.

Costos de las obras en el sitio

Simultáneamente, se calculan los materiales por utilizar en el sitio como los aceros y concretos de completamientos de vigas, nudos y sobrelosas. Mediante la utilización de parámetros preestablecidos de acuerdo con los rendimientos de montaje históricos y condiciones del sitio asumidas por el criterio y experiencia, se estiman los costos relativos a las obras.

Estos cálculos incluyen, entre otros, la estimación de rendimientos y duraciones, cantidad de personal, grúas y alquileres de equipos por utilizar en la realización de las obras. Los cálculos detallados de cada una de las actividades son tabuladas en una hoja donde se indican cantidades, costos unitarios y costos totales. El resumen del presupuesto de montaje se indica en el apéndice 4.

Escogencia de la mejor alternativa

La cantidad de alternativas y opciones es muy variada y dependerá en mucho de las

condiciones específicas del proyecto y del criterio del ingeniero proyectista y/o diseñador a cargo.

Algunos proyectos permitirán variaciones en su modulación horizontal y vertical, otros tendrán una posición fija al respecto. En cuanto a la profundidad de cimentación, dependerá de la capacidad soportante del terreno, y aquí corresponderá evaluar si se profundiza con la placa de fundación, o bien se realizan sustituciones. También podría variarse la altura, cantidad de módulos e inclusive la cantidad de niveles.

Para ver algunos efectos sobre la estructura (diseño y costos), producto de cambios en ciertos parámetros tales como: capacidad soportante, carga temporal y diferentes modulaciones, se elaboraron algunos gráficos con las variaciones en los concretos, aceros y costos para los diferentes elementos. Lo anterior para mostrar la flexibilidad del modelo en la elaboración de diferentes escenarios. Se reitera que los datos obtenidos corresponden a un proyecto dado, con condiciones específicas, por lo que no se podrían generalizar los resultados y aplicarlos directamente a otro proyecto sin considerar sus condiciones (apéndice 5).

Se analizó un proyecto con una modulación de 3x2, tres niveles, con vigas de techo. La dimensión en los ejes numéricos es de 10 m y en los ejes literales de 9 y 6 m, para el edificio A y B respectivamente. El nivel de desplante es de 1.60 m y la carga temporal es de 250 kg/m². A continuación se comentan solamente algunas observaciones, como por ejemplo el efecto que tiene una disminución de la capacidad soportante de 25 a 20 ton/m², sobre las placas de fundación. Para otros efectos y mayor detalle ver los cuadros del apéndice 5:

- El incremento mayor se presenta en el edificio de mayor área, ya que también las áreas tributarias por placa son mayores.

- El volumen de concreto aumenta entre 14.60 y 19.80 %.
- El acero de refuerzo aumenta entre 13.80 y 19.50 %.
- El costo ponderado de las fundaciones, incluyendo mano de obra, excavaciones y rellenos aumenta entre 11.30 y 16.60 %.

Este mismo análisis podría hacerse para cada una de las diferentes capacidades soportantes del terreno.

También se evaluó el efecto que tiene el aumento de la carga temporal de 250 a 500 kg/m² en las fundaciones y columnas, con los siguientes resultados:

- El incremento mayor de costos se presenta en el edificio de mayor área, lo mismo que en el volumen concreto. El acero se mantiene con poca variación.
- El volumen de concreto aumenta entre 21.40 y 26.00 %.
- El acero de refuerzo aumenta entre 14.30 y 14.70 %.
- El costo ponderado de las fundaciones, incluyendo mano de obra, excavaciones y rellenos aumenta entre 11.30 y 16.60 %.
- Para las columnas en este caso específico el efecto se puede considerar nulo.
- Para las vigas con modulación bidireccional se observa un incremento de 3.40 % a 19.50%.
- Para las vigas con modulación unidireccional se observa un incremento de 8.20 % a 8.30%.

Por último se evaluó el efecto que tiene el variar la cantidad de módulos, es decir reducir sus dimensiones y aumentar la cantidad de ejes. En este caso se compararon los resultados tomando en cuenta el efecto combinado en las fundaciones y columnas:

- De las tres modulaciones propuestas la de menor costo corresponde a la dimensión de 10 m (3 módulos x 10 m) seguida por la opción de (5 módulos x 6 m). En este caso la intermedia de 4 x 7.50 m, resultó ser la de mayor costo.
- Lo anterior confirma que no se puede suponer un comportamiento lineal o dar por un hecho que determinada opción podría resultar más costosa.
- Tampoco se podría generalizar que las modulaciones con dimensiones mayores resultan ser más económicas, porque dependerán de otros factores como las cargas de diseño, módulos de ajuste, modulación bidireccional o unidireccional, etc.
- Antes de llegar a una conclusión, sobre la alternativa más económica, se deben de valorar también aspectos de montaje, principalmente a lo que a grúa se refiere.

El ejercicio anterior sirve para mostrar algunos efectos de posibles opciones o variaciones sobre los diferentes elementos, sin embargo, hay que resaltar que el efecto económico deberá de evaluarse teniendo en cuenta toda la estructura incluyendo las obras en sitio. Con un resultado específico no se podría generalizar, aunque con cierto criterio algunas veces una proyección podría resultar acertada en otros casos podría resultar bastante alejado de la realidad. Aquí es donde el modelo adquiere mayor relevancia, ya que no hay que hacer suposiciones ni proyecciones, basta con introducir las variaciones y recalcular para ver el efecto sobre la estructura como un todo.

Análisis de resultados

Es recomendable e imperativo que después del cálculo, se valoren los resultados y se realicen los ajustes, modificaciones o inclusiones de los factores, que las condiciones específicas del proyecto impongan. Esta tarea es relativamente fácil, y se lleva a cabo modificando únicamente los cuadros de resumen de costos, ya sea aumentando o disminuyendo ciertos rubros específicos en sus cantidades y/o costos unitarios, o bien agregando otros, de ser necesario.

Siguiendo con la línea anterior, en caso de tener una estructura de forma irregular, que no se adapte al modelo, con los costos unitarios obtenidos será también relativamente fácil, la inclusión o exclusión de elementos o áreas que no se hayan consideradas en la modulación propuesta.

La estimación de costos de montaje proporciona gran flexibilidad. Los datos introducidos permiten al ingeniero proyectista la utilización de criterios para la evaluación preliminar de las condiciones específicas del proyecto y que podrían influir en los costos.

Respecto a los elementos prefabricados, una vez completado el diseño estructural preliminar, se continua en forma automática la cuantificación de materiales y el cálculo de los costos, por lo que los datos obtenidos se consideran confiables, sin embargo, se podrían

presentar pequeñas diferencias al variar los factores de diseño concernientes al sismo, y algunas veces una diferencia significativa al escoger la revisión del criterio columna fuerte-viga débil, ya que una sola columna podría afectar las dimensiones de las restantes y al variar las cargas gravitacionales también se afectan las placas de fundación y los costos respectivos. Corresponde al diseñador, aprovechando el uso de la opción respectiva, la valoración de aplicabilidad de esta revisión.

Se podría decir en general que los costos del prefabricado son fáciles de estimar y controlar. Sin embargo, en el caso del personal de sitio, la estimación y control se vuelve más compleja, ya que interfiere el factor humano que se ve influenciado por agentes externos e internos que impiden la determinación de un rendimiento constante, y que podrían influir en su rendimiento y costo. Algunos de los factores que afectan el rendimiento del personal y que deberán ser considerados en forma específica son: condiciones geográficas y climatológicas, composición de las cuadrillas, dirección y control del personal.

Aunque se incorpora un factor por la época del año, en lo que a lluvia se refiere, lo único seguro es que afecta los rendimientos del personal, montaje y plazos, pero su análisis y valoración de la peligrosidad en las colindancias y

el proyecto mismo, dependerán del ingeniero proyectista. La proyección de rendimientos y condiciones básicas del sitio consideran una homologación de las condiciones con respecto a un proyecto base en condiciones relativamente controlables. Si el proyecto considerado es similar en esta premisa, se podría garantizar que la estimación de los costos estará ajustada a lo real.

Como alternativas en el caso de terrenos con baja capacidad soportante, tenemos las sustituciones, consideradas aquí utilizando un concreto pobre de 70 kg/cm^2 , previendo dificultades del terreno, peligrosidad y época del año. Otra opción sería aumentar la altura tanto de la columna, como del pedestal, y evaluarlo respecto al costo de la sustitución ya sea en "toba-cemento" premezclado o bien fabricado en sitio y, como última opción, con lastre compactado.

En la altura de los diferentes entresijos, se debe considerar los requerimientos de instalaciones electromecánicas, así como los ductos para extractores y aire acondicionado. Después de la primera interacción se debe revisar este parámetro y corregir si fuera necesario.

Preparación de escenarios

Para el costo de las obras en el sitio, se tiene la posibilidad de opciones que permiten variar el plazo. Al comprimirlo se producen dos efectos importantes: la disminución de los costos indirectos como el salario de maestro de obra, bodeguero, vigilancia, alquiler de equipo y grúa torre principalmente, en contraposición del aumento de los costos directos producto de la ineficiencia generada por incrementos en la jornada de trabajo, incorporación de personal

adicional, interferencia de actividades y una supervisión ineficiente de este. Todos estos factores son considerados de alguna manera en la evaluación de los plazos y costos. Su valor, magnitud y combinación, corresponden al criterio personal adquirido de la experiencia profesional en este ramo.

Podríamos tener variaciones que afecta el diseño de los diferentes elementos tanto prefabricados como los del sitio, sin embargo, se pueden presentar variaciones como es el caso de la capacidad soportante y profundidad de cimentación, que solo afectaría a las placas de fundación y dependiendo de la modulación también a las columnas, pero no a los elementos de horizontales de flexión. Otras variaciones como son los cambios de modulación y sobrecargas tendrán prácticamente efectos sobre todos los elementos prefabricados y las fundaciones en sitio.

Debido a la importancia que podría tener el tipo de modulación con respecto a la orientación de la losa multitubular, se evalúan siempre las dos alternativas y por supuesto se escogería la más económica. Dependiendo de las dimensiones y distribución, en algunas ocasiones podría no ser un factor importante, de todas maneras siempre está presente la opción.

Con respecto a este último punto, cuando sí afecta, debido principalmente a la escogencia del espesor del multitubular, se desencadena una serie de efectos en las cargas, que a su vez, podrían presentar cambios importantes a nivel de vigas, luego de columnas y por último en las fundaciones con sus actividades complementarias. Por esto las fundaciones se incluyen como parte del resumen de los elementos prefabricados, ya que la mejor alternativa no está definida únicamente por el costo del prefabricado sino por una combinación entre las fundaciones y las obras en sitio.

Esta herramienta informática no sustituye el presupuesto detallado y planificado que podría hacerse con planos constructivos y especificaciones finales, luego de un diseño final

y la evaluación e incorporación de todas las condiciones específicas de la zona, condiciones climatológicas o específicas del sitio de construcción por un ingeniero proyectista.

Conclusiones

Se cumplió con el objetivo general de diseñar un modelo de diseño preliminar y estimación de costos, para la estructura prefabricada de edificios de dos a cinco niveles, dinámico, flexible y fácilmente utilizable, y que genera la información relevante de los costos y permite la escogencia de la mejor opción posible.

En el modelo se identifican cada una de las tareas involucradas en el diseño preliminar y la estimación de costos y las incorpora en un sistema informático que las ejecuta en forma automatizada, rápida, eficiente y efectiva, y disminuye las posibilidades de error.

La información generada por el diseño preliminar da paso al cálculo de las cantidades de materiales y los costos respectivos, tanto del prefabricado como de las obras complementarias (sitio).

El modelo realiza el diseño preliminar de cada uno de los elementos que componen la estructura prefabricada, genera la información base para la estimación de los costos respectivos y simplifica las tareas repetitivas.

La posibilidad de opciones permite la evaluación de diferentes escenarios (análisis de sensibilidad), para ofrecer una mejor visión, control, precisión, y capacidad para determinar la alternativa más eficiente desde el punto de vista de costos del prefabricado previo a la elaboración de un diseño definitivo.

Se determinaron las variables y datos necesarios para el diseño y la estimación del costo de la obra gris de edificios prefabricados, y

se incorporaron en una metodología y guía planificada, para reducir las posibilidades de riesgo tanto en los aspectos técnicos como económicos.

La flexibilidad del modelo, permite diferentes dimensiones tanto en planta como en altura y en la cantidad de módulos, ajuste de las diferentes variables para el diseño: cargas gravitacionales, temporales y requerimientos sísmicos, y en las características de los materiales como acero y concretos.

El diseño preliminar incluye los elementos prefabricados y también el diseño de las placas de fundación, tomando en cuenta diferentes capacidades del suelo, así como los aceros y concretos a colocar en sitio (completamientos).

Los cálculos de diseño contemplan prácticamente todos los requerimientos del diseño por capacidad, sin embargo se considera aproximado, al no incorporarse en el modelo un análisis estructural detallado.

El diseño generado provee la información suficiente para realizar el cálculo detallado de cada uno de los insumos, de los diferentes elementos prefabricados y por consiguiente de la estructura.

La estimación de costos incluye tanto los elementos prefabricados como las obras en sitio o complementarias, con la respectiva cuantificación detallada de los diferentes materiales, equipos, grúas y transportes, además de una estimación aproximada de las horas

hombre, costos indirectos y la definición del plazo respectivo.

El modelo tomó como plataforma de cálculo la hoja electrónica de Excel, y se programó en el lenguaje de "Visual Basic para aplicaciones" lo que permite realizar actualizaciones y cálculos en forma automatizada.

Se incorporó en la aplicación un apartado de análisis de sensibilidad, como un modelo de simulación de estimación económica del tipo "que pasa si", que permite la preparación de

escenarios para optimizar significativamente la estructura y lograr el mayor beneficio al menor costo.

Se desarrolló una aplicación que simplifica las actividades de repetitivas y tediosas, disminuye las posibilidades de error en el proceso y genera la estimación de costos, con base en el diseño estructural preliminar, interactivo y flexible que permite determinar en forma rápida y eficaz la conformación de la estructura prefabricada óptima previo al diseño definitivo.

Apéndices

Apéndice 1. Pantallas de menús.

- a) Menú principal: Introducción de datos y revisiones.
- Menú auxiliar: Impresión.
- b) Hoja general de proyecto.

Apéndice 2. Requerimientos de datos.

- a) Factores y cargas de diseño.
- b) Demanda sísmica.
- c) Modulación y alturas.
- d) Datos de montaje.

Apéndice 3. Hojas típicas para cálculos.

- a) Estimación de rendimientos y duración.
- b) Estimación de cargas gravitacionales y temporales para placas de fundación y columnas.
- c) Hoja típica para costo unitario. En este caso viga prefabricada.
- d) Hoja resumen de placas de fundación
- e) Hoja resumen de columnas
- f) Hoja típica para el cálculo detallado de actividades de montaje.

Apéndice 4. Resúmenes de costos.

- a) Resumen de costo comparativo del prefabricado.
- b) Resumen de costo por elementos
- c) Presupuesto de montaje (obras en sitio).
- d) Resumen de presupuesto de montaje. Por cuentas generales.

- e) Resumen general de presupuesto.

Apéndice 5. Gráficos de escenarios.

- a) Efecto de la capacidad soportante del terreno en las placas de fundación.
- b) Efecto de la carga temporal en las placas de fundación.
- c) Efecto de la carga temporal en las columnas prefabricadas.
- d) Efecto de la carga temporal en las vigas de modulación tablero.
- e) Efecto de la carga temporal en las vigas de modulación rectangular.
- f) Efecto de diferentes modulaciones en las placas de fundación y columnas.

Apéndice 6. Cuadros de análisis de escenarios.

- a) Efecto de la capacidad soportante del terreno en las placas de fundación.
- b) Efecto de la carga temporal en las placas de fundación y vigas prefabricadas

Apéndice 7. Pasos para la determinación del Coeficiente Sísmico.

Apéndice 8. Diagramas de interacción.

- a) Columnas de 40 x 40 cm.
- b) Columnas de 50 x 50 cm.
- c) Columnas de 60 x 60 cm.
- d) Columnas de 70 x 70 cm.
- e) Columnas de 80 x 80 cm.

Apéndice 1a

Modelo de Diseño Preliminar y Estimación de Costos para Edificios Prefabricados de Concreto

Pre.Design.Cost.Model 2004

Elaborado por: Ing. Marco T. Ramírez Sandino

Menú Principal

Modulación de Tablero Modulación Rectángular

**** Ingreso de datos ****

Introducción de Datos

Datos de Proyecto

Especificaciones Estructurales

Cargas y Factores de Diseño (C. Permanentes y Temporales)

Demanda Sísmica (Código Sísmico de CR.)

Modulación y Alturas / Nivel

Datos de Montaje

Datos Montaje

**** Consultas ****

Fundaciones

Resumen Placas de Fundación

Detalle Cargas / Nivel

Detalle Cálculos / Placa

Columnas

Vigas

Vigas (M. Tablero)

Vigas (M. Rectangular)

Resumen Entrepiso

Resumen Costos por Elementos

Resumen de Montaje

Derechos Reservados: Teléfono: (506) 382-9400 email: mramirez@escosacr.com

Observaciones: Los Costos y Resúmenes varían de acuerdo a la Modulación. Las hojas con Resúmenes y Detalle de Cargas para Fundaciones quedan de acuerdo a la Modulación Seleccionada. Las Columnas podrían variar levemente, pero las Fundaciones y el Multitubular podrían variar significativamente.

Apéndice 1b

Modelo de Diseño Preliminar y Estimación de Costos para Edificios Prefabricados de Concreto

Pre.Design.Cost.Model 2004

Elaborado por: Ing. Marco T. Ramírez Sandino

Menú Impresión

Modulación de Tablero Modulación Rectángular

**** Resumen y Costos ****

Datos Generales y Diseño

Modulación y Alturas / Nivel

Fundaciones

Resumen Placas de F.

Resumen Cargas / Nivel

Diseño Placa Individual

Vigas M. Tablero

Resumen V. Entrepiso

Resumen V. Techo

Costo Indiv. V. Entr.

Costo Indiv. V. Techo

Columnas

Resumen Costos Col.

Detalle Costos por Col.

**** Resumen y Costos ****

Entrepiso

Resumen Entrepiso

Vigas M. Rectángular

Resumen V. Entrepiso

Resumen V. Techo

Costo Indiv. V. Entr.

Costo Indiv. V. Techo

Módulo de Montaje

Rendim. Y Programa

Presupuesto

Resumen Costos Mont.

RESUMEN GENERAL

 P-1001.V-1.N-4

Derechos Reservados: Teléfono: (506) 382-9400 email: mramirez@escosacr.com

Observaciones: Los Costos y Resúmenes varían de acuerdo a la Modulación. Las hojas con Resúmenes y Detalle de Cargas para Fundaciones quedan de acuerdo a la Modulación Seleccionada. Las Columnas podrían variar levemente, pero las Fundaciones y el Multitubular podrían variar significativamente.

Apéndice 1c

Datos de Proyecto

Código: **P-1002.V-1.N-4**

Nombre del proyecto: **Proyecto de Tesis**
 Consecutivo: 1002
 Versión: 1
 Preparó: MTR
 Área en Planta: 2736,00 m²
 Fecha: 26-oct-04

Fecha: **26-oct-04**

Información General del Cliente

Nombre del proyecto: **Proyecto de Tesis**
 Consecutivo: **1002** Descripción de Versión:
 Versión: **1** NFP. placa a 1,50. Sin Sustitución.
 Preparó: **MTR** y con Azotea
 Área en Planta: **2736,00** m² (Edificio)
 Dirección: **San Antonio de Belén**
 Uso General: **Público Comercial**

Cliente: **Ing. Marco T. Ramírez S.** tel/fax: **382-9400**
 Encargado: _____ tel/fax: _____
 Consultor: _____ tel/fax: _____
 Constructor: _____ tel/fax: _____

Aspectos que Contempla.

- Movimiento de Tierras
- Elementos Prefabricados
- Transporte
- Instalación Solamente
- Montaje
- Instalación con Obras Complementarias

Consideraciones:

1. Revisar alternativa con Sustitución.
2. En el nivel de techo lleva Azotea, con carga Viva de 200 kg/m².
3. Altura por nivel 4.00, último Nivel 3.80 m.

Terreno

- Plano de catastro Área: **740** m² (Terreno)
- Estudio de Suelos Capac. Soportante: **15** ton/m² a 1,50 m.
- Transporte Capac. Soportante: **20** ton/m² a 2.00 m.

Servicios

- Agua Potable
- Teléfono
- Electricidad

Apéndice 2a

Factores y Cargas de Diseño.

Código: **P-1001.V-1.N-4**

Nombre Proyecto: **Proyecto de Tesis**
 Consecutivo: 1001
 Versión: 1
 Preparó: MTR
 Área / Edificio: 2.554,50 m²
 Fecha: 26-oct-04

Dimensiones

Ancho de Pedestal	100 cm
Altura Placa (Ped+esp)	1,30 m
Recubrimiento :	5 cm
Sello	10 cm
Nivel Fondo Placa (NFP)	1,50 m
Ancho Adic.Exc. / lado "B"	15 cm

Sustituciones

Espesor de Sustitución: 0

Factores de Diseño

Capacidad soportante	20 Ton/m ²
Condición de Apoyo Vigas	No apuntalada
Factor de Ocupación C.Viva	1,00
Factor de Reducción C.Viva	0,5
Factor de seguridad :	3
Factor para Ms	0,60 h
Factor K_i (Para Mu 2º Etapa)	
Mu (+)	20
Mu (-)	16

Cargas de Diseño

Cargas Permanentes

<i>Entrepisos</i>		Kg/m ²
Sobrelosa	5 cm	120
C.Permanente Adicional		
Acabado de piso		120
Instalaciones		55
Paredes		75
Otros		20
		C.Permanente Adicional 270

Nivel de Techo

Estructura, cubierta y cielo: 45

Factores Desperdicio y Abultamiento

Desperdicio Aceros:	15%
Desperdicio Concretos:	15%
Lastre Suelto (Abultamiento)	30%
Tierra Suelta (Abultamiento)	30%

Propiedades Mecánicas de los Materiales

Concretos		Kg/cm ²
Losas	210	
Completamientos y Placas	280	
Prefabricado	350	
Aceros		Kg/cm ²
Resist. Acero (Longit.) :	4.200	Sitio 4.200
Resist. Acero (Aros) :	2.800	Prefabricado 2.800
Resist. Acero (Pretensión) :		19.000

Cargas Temporales

C.Viva 400	
Públicos II	
Lugares de reunión con asientos fijos, templos, cines, teatros, gimnasios, etc.	
Sobrecarga de Azotea	200
Sobrecarga de Techos	55
Sobrecarga de Trabajo	40
Techo	
Sin V.Techo	De Azotea
Con V.Techo	Públicos II
Con Entrepiso	200

Apéndice 2b

Demanda Sísmica

Código:	P-1001.V-1.N-4	Descripción:	4 Niveles ** y 4 Entrepisos
Nombre Proyecto:	Proyecto de Tesis	Nivel de Techo:	Con Entrepiso
Consecutivo:	1001	Módulos:	3 x 2
Versión:	1		
Preparó:	Ing. Marco T. Ramírez S		
Área / Edificio:	2.554,50 m²		
Fecha:	26-oct-04		

Referencia: Código Sísmico de Costa Rica. Versión 2002

- A. DEMANDA SÍSMICA (Capítulo 2)
 1. ACELERACIÓN PICO EFECTIVA DE DISEÑO (Artículo 2.4)

Zonificación Sísmica	Sitios Cimentación	Descripción:	Tipo S3
Zona II Zona III Zona IV	Tipo S1 Tipo S2 Tipo S3 Tipo S4	0. Sin S	Un perfil de suelo con más de 6m de arcilla de consistencia de suave a medianamente rígida o de suelos no cohesivos de poca o media densidad. No incluye perfiles de más de 12 m de arcilla suave.
Coefficiente de Aceleración Pico Efectiva de Diseño (a_{ef}) =		0,36	

- B. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS Y SUS COMPONENTES (Capítulo 4 del CSCR 2002)
 1. CLASIFICACIÓN DE LAS EDIFICACIONES SEGÚN IMPORTANCIA Y RIESGO (Capítulo 4.1)

Clasif. por Importancia	Descripción:	D. Edif. de Ocupación Normal
A. Edif. e Inst. Esenciales B. Edif. e Inst. Riesgosas C. Edif. de Ocupación Especial. D. Edif. de Ocupación Normal E. Edif. Misceláneas	Todas las obras de habitación, oficinas, comercio o industria y cualquier otra edificación no especificada en los Grupos A, B, C y E.	
Factor de Importancia de Diseño (I) =		1,0

2. Ductilidad global μ según sistema estructural, regularidad y ductilidad local. (Capítulo 4)

Sistema Estructural	Descripción:	
Tipo Marco Tipo Dual Tipo Muro Tipo Voladizo Tipo Otros	Tipo Marco	Edificaciones que resisten las fuerzas sísmicas por medio de sistemas sismo-resistentes constituidos por marcos de concreto reforzado, acero o madera, vinculados o no, por medio de un sistema horizontal o entrepiso de concreto reforzado, acero u otros, en
Regularidad		
Regular Irregular Moderada	Irregular Moderada	
Ductilidad Local		
Duct. Local Óptima Duct. Local Moderada	Duct. Local Óptima	Ductilidad Global Asignada (μ) = 3 Factor Espectral Dinámico FED= 1,12
Factor de Sobre-Resistencia.	Descripción:	Cap. 3 d, Cap 5
Tipo marco, dual y muro Tipo voladizo y otros. Método Alterno de Análisis	Tipo marco, dual y muro Análisis Estático o Dinámico	Cuando se utilicen los métodos de análisis estático o dinámico de los artículos 7.4 y 7.5, la sobre-resistencia será igual a 2.0 para estructuras tipo marco, dual y muro, e igual a 1.2 para estructuras tipo voladizo y otros.
SR =		2
Coefficiente Sísmico (C) =		0,202

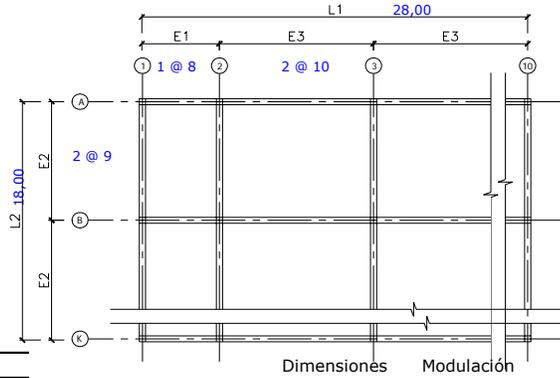
Apéndice 2c

Pre.Design.Cost.Model

Modulación y Alturas.

Código: **P-1001.V-1.N-4**

Nombre Proyecto: **Proyecto de Tesis**
 Consecutivo: 1001
 Versión: 1
 Preparó: Ing. Marco T. F
 Área / Edificio: 2.554,50 m²
 Fecha: 26-oct-04



Cantidad de Niveles: 4 (Cuatro Niv.) **4 Entrepisos**

	Cantidad		
Mód. Carga 1	3 <input type="button" value="▼"/>	L1 =	28,00
Mód. Carga 2	2 <input type="button" value="▼"/>	L2 =	18,00
h. 1 ^{er} Nivel	3,96	E1 =	8,00
h. Pisos Intermedios	3,96	E2 =	9,00
h. Último Nivel	3,80	E3 =	10,00

E1<>E3=>E1= 8,00

Area/Planta: 510,90 m²
 Area/Edificio: 2.554,50 m³

Altura de Niveles de Entrepiso y Techos.

	Contrapiso	1º Entrepiso	2º Entrepiso	3º Entrepiso	Azotea (MT)
Alturas	0 + 0,00	0 + 3,96	0 + 7,92	0 + 11,88	0 + 15,68

Apéndice 2d

Pre.Design.Cost.Model

Datos de Montaje

Código: P-1002.V-1.N-4
Nombre Proyecto: Proyecto de Tesis
 Consecutivo: 1002
 Versión: 1
 Preparó: MTR
 Área / Edificio: 2.736,00 m²
 Fecha: 26-oct-04

Descripción: 4 Niveles ** y 4 Entrepisos
 Nivel de Techo: Con Entrepiso
 Módulos: 3 x 2

Gastos de Operación

	Cantidad	Salario/hr
M. obras	1	1.063,00
Segundo	1	870,00
Bodeguero	1	590,00
Ayudante. Bod.	1	530,00
Salario/Personal		
Operario		600,00
Ayudante		570,00
Peón		550,00
Jornada Semanal	60	hr
Cargas Sociales	50%	
Viáticos	2	No
# personas	8	8
Alimentos		
Alojamiento		
Pasajes		
Total		

Costo / día / Persona 450

Ingeniero 0 0 400.000 mensual

Valoración Condiciones del Terreno.

Dificultad Accesos	Frentes / Montaje	Ancho/Maniobras	Terraza	Topografía	Peligrosidad Perimetral
Minima	Un Costado	< 10 m	Asfaltado	Regular	Nula
Media	Dos Costados	>10 y <15	Lastreado	Inclinada	Taludes
Alta	Tres Costados	>15	Tierra-Seca	Muy Inclinada	Sotanos
	Todas		Tierra-Blanda		Colindancias

Montaje de Elementos

	No. Gruas	Capacidad	€/grúa /hr
Grúa Móvil	1	Móvil	15.000
Grúa Torre	1	Torre	5.000 mensual
hrs.Grúa / sem.	50	50	
Grua a Utilizar		No Aplica 30%	Participación Grúas 100%
			0%
Costo de Transporte:			
Camión (7ton)		22.000,00	
Trailer (20ton)		35.000,00	
Low Boy		50.000,00	

Apéndice 3a

Pre.Design.Cost.Model

Cálculos Programación- Montaje

Código: **P-1001.V-1.N-4**

Nombre Proyecto: **Proyecto de Tesis**

Consecutivo 1001

Versión: 1

Preparó: MTR

Cliente: Ing. Marco T.

Área / Edificio: 2.554,50 m²

Fecha: 26-oct-04

Descripción: 4 Niveles **4 Entrepisos

Nivel de Techo: Con Entrepiso

Módulos: 3 x 2

Tipo de Cambio: 457

Montaje de Elementos	Elementos	Rendimiento			
		Móvil	Torre	Horas/Grúa	
Columnas	80 cm	72	1,03	0,87	65
Vigas de Carga		36	0,93	0,79	30
Vigas de Amarre		32	0,70	0,60	20
Viga de Techo			0,75	0,64	
Losas de Entrepiso de 9			0,29	0,23	
Losas de Entrepiso de 13			0,34	0,27	
Losas de Entrepiso de 16			0,46	0,36	
Losas de Entrepiso de 20			0,57	0,46	
Losas de Entrepiso de 25		163	0,68	0,55	98
	Sub-total	303			213
	Promedio Factorado		0,93		282

Programación Tiempos

Movimiento de Tierras y Fundaciones		Corrido	Traslape	final
Movilización, Bodegas y trazo		4,4	2,0	2,4
Excavación y Botado		8,8	4,0	4,8
Sellos		2,6	1,0	1,6
Fundaciones	7743 Kg	14,0	6,0	8
	85 m ³	3,5	2,0	1,5
				18,3
Armar Grúa Torre				0
				18,3 días
				Fundaciones 3,3 semanas
				Traslape Fund./Con Montaje 1,8

Montaje Elementos		Corrido	Traslape	Final
Completamiento Estructural	hg/sem	57	4,0	4
Reparaciones y Acabados	sem/piso	0,4	1,6	0,0
Desarmar Grúa Torre		3,5	1,8	1,7
Revisión y Entrega				0
				1,5
Plazo Montaje				8,8 semanas
Plazo Total				10,3 semanas

Mano de obra c/C.S.

	Personas	Plazo	Total Horas	Costo(¢)/h.h
Fundaciones	40	3,30	7920	952,50
Montaje de Estructura	18	4,00	4320	957,00
Complet. y Acabados	18	8,80	9504	957,00
Promedio	30	10,30	18540	955,50

Apéndice 3b

Pre.Design.Cost.Model

Cargas Gravitacionales y Temporales

Placas de Fundación y Columnas.

Código: **P-1001.V-1.N-4**

Nombre Proyecto: **Proyecto de Tesis**

Consecutivo 1001

Versión: 1

Preparó: Marco T. Ramírez S.

Área / Edificio: 2.554,50 m²

Fecha: 26-oct-04

Modulación de Tablero

Placa : **P-1 Central 1** Cantidad: **1**

		Niveles	Contrapiso	1º y 2º Entrepiso	3º Entrepiso	Nivel de Techo
		Alturas	0 + 0,00	0 + 7,92	0 + 15,68	0 + 15,68
Dirección	Mód. Carga 1			10,00	10,00	10,00
Dirección	Mód. Carga 2			9,00	9,00	9,00
AREA	m2		90,00	90,00	90,00	90,00

CARGAS PERMANENTES

NFP. placa a 1,50. Sin Sustitución.

Pedestal	100 x 100 cm	1,56				
Columna	80 y 80 cm	6,39	6,08	6,08	6,08	
V.Carga 1	VC-55 (438 kg/m2)		4,03	4,03	4,03	Con Entrepiso
V. Carga 2	VC-55 (438 kg/m2)		3,59	3,59	3,59	
Entrepiso MT	ME-25 (308 kg/m2)		27,69	27,69	22,86	ME-20
C. Perm. y Sobrelosa	(265 + 120 kg/m2)		34,65	34,65	34,65	
Viga Precinta	0,25 x 1,00 m					
Viga Techo	0,30 x 0,55 m					
Estr. Cubierta y Cielo						
SUBTOTAL		7,95	76,04	76,04	71,22	

CARGAS TEMPORALES

Sobrecarga (Entrepisos)	500 kg/m2		45,00	45,00		
Sobrecarga Losa Azotea	200 kg/m2				18,00	
SUBTOTAL			45,00	45,00	18,00	
Sub-Totales		7,95	121,04	121,04	89,22	

Contrapiso	1º Entrepiso	2º Entrepiso	3º Entrepiso	Azotea (MT)	Total	
0 + 0,00	0 + 3,96	0 + 7,92	0 + 11,88	0 + 15,68		
7,95	76,04	76,04	75,80	71,22	307,05	Pp
	45,00	45,00	45,00	18,00	153,00	Pt

Con Entrepiso

CARGAS ELASTICAS		Col. I		Col. II	
		P (Cargas)	M (Momentos)	P (Cargas)	M (Momentos)
	permanente	305,5 T	0,00 T-m	147,02 T-m	0,00 T-m
	temporal	153,0 T	0,00 T-m	63,00 T-m	0,00 T-m
	sismo	0,0 T	62,22 T-m	0,00 T-m	27,86 T-m

Placas F.

Pp =	307,1 T	Mp =	0,00 T-m
Pt =	153,0 T	Mt =	0,00 T-m
Ps =	0,00 T	Ms =	74,65 T-m

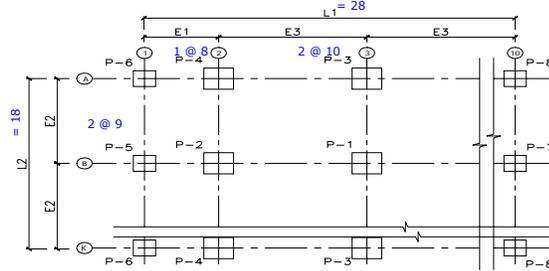
Diseño Flexión Placas de Fundación					
b (cm)	d (cm)	Asreal (cm ²)	Acero a colocar		
			Cant.	var #	separ.
485	63	105,63	28	7	17,3 cm

Apéndice 3d

Pre.Design.Cost.Model

Resumen Placas de Fundación

Código:	P-1001.V-1.N-4	
Nombre Proyecto:	Proyecto de Tesis	
Consecutivo:	1001	
Versión:	1	
Preparó:	MTR	
Área / Edificio:	2.554,50	m ²
Fecha:	26-oct-04	
Cantidad de Niveles:	4 ** y 4 Entrepisos	
	Modulos 3 x 2	
COSTOS		
Total Fundación	¢ 8.646.387	\$ 18.920



¿Qué pasa si...? Cambio de Modulación
Revisión Col. Fuerte-Viga Débil

Modulación Rectangular

Dimensiones

Tipo	Placa	Cantidad	Cálculos						
			Area Tributaria (m ²)	Dimensión B (m)	Espesor (m)	As (cm ²)	Acero a colocar		
							Cant.	Var #	Sep.(cm)
Centrales	P-1	1	90,00	4,70	0,60	94,76	25	7	18,80
	P-2	1	81,00	4,50	0,56	86,29	23	7	19,57
Lateral 1	P-3	2	45,00	3,65	0,38	57,49	15	7	24,33
	P-4	2	40,50	3,55	0,36	54,71	15	7	23,67
Lateral 2	P-5	1	45,00	3,70	0,38	50,29	13	7	28,46
	P-6	1	36,00	3,35	0,34	44,66	12	7	27,92
Esquinas	P-7	2	22,50	2,95	0,32	31,47	9	7	32,78
	P-8	2	18,00	2,70	0,30	27,58	8	7	33,75
Total Placas		12							

Cálculos

Placa	Placas de Fundación			Pedestal de: 100 cm			Ponderado Totales		
	Acero (Kg)	Concreto m ³	Relación Kg/m ³	Acero (Kg)	Concreto m ³	Relación Kg/m ³	Acero (Kg)	Concreto m ³	Relación Kg/m ³
P-1	696,07	13,25	52,52	111,51	0,70	159,30	808	13,95	57,87
P-2	612,54	11,34	54,02	115,93	0,74	156,66	728	12,08	60,30
P-3	322,31	5,06	63,67	133,20	0,92	144,78	911	11,97	76,14
P-4	313,23	4,54	69,04	134,85	0,94	143,46	896	10,95	81,81
P-5	283,27	5,20	54,45	133,20	0,92	144,78	416	6,12	68,03
P-6	236,06	3,82	61,87	136,45	0,96	142,14	373	4,78	78,00
P-7	155,25	2,78	55,75	138,00	0,98	140,82	587	7,53	77,89
P-8	125,90	2,19	57,57	139,50	1,00	139,50	531	6,37	83,28
							5.250	73,75	71,18

RESUMEN COSTOS ** Placas de Fundación ** SITIO

	Costos			Totales		
	Cantidad	Unidad	Unitarios			
Concreto Fundación:	84,82	m3	¢ 49.996	¢ 4.240.531	\$ 9.279	
Acero	5.250	Kg	¢ 503,94	¢ 2.645.440	\$ 5.789	
Arranques Columnas:	2.493	Kg	¢ 503,94	¢ 1.256.552	\$ 2.750	
Inyección	1,21	m3	¢ 350.420	¢ 424.009	\$ 928	
			Sub-Total	¢ 8.566.532	\$ 18.745	

Concreto	7,07	m ³ / Placa
Acero	71,2	Kg / m ³

Costos Promedios		
¢ / Placa	¢ / m3	\$ / m3
¢ 713.878	¢ 116.150	\$ 254,16

	Costos			Totales		
	Cantidad	Unidad	Unitarios			
Excavación	257,28	m3	¢ 1.950	¢ 501.690	\$ 1.098	
Botado de Tierra	334,46	m3	¢ 650	¢ 217.399	\$ 476	
Lastre	238,58	m3	¢ 6.240	¢ 1.488.734	\$ 3.258	
Sellos	10,90	m3	¢ 42.748	¢ 465.949	\$ 1.020	
			Sub-Total	¢ 51.588	\$ 5.851	

Excavación	21,44	m3 / Placa
Relleno	15,3	m3 / Placa

Costos Promedios		
¢ / Placa	¢ / m3	\$ / m3
¢ 936.692	¢ 43.690	\$ 95,60

Total Fundaciones ¢ 11.240.303 \$ 24.596

Apéndice 3e

Pre.Design.Cost.Model

Columnas (I y II Nivel) Nivel

Código: P-1002.V-1.N-4

Nombre Proyecto: **Proyecto de Tesis**
 Consecutivo: 1002
 Versión: 1
 Preparó: MTR
 Área / Edificio: 2.736,00 m²
 Fecha: 26-oct-04

Cantidad de Niveles: 4 ** 4 Entrepisos
 Modulos: 3 x 2

COSTOS			
(I y II Nivel) @	14.973.266	\$	32.764
(III y IV Nivel) @	14.050.423	\$	30.745
Edificio Total :	29.023.689	\$	63.509

¿Qué pasa si...? **Cambio de Modulación** Rectangular ▼
 Revisión Columna Fuerte-Viga Débil Si ▼

Modulación de Tablero

Ancho 80 cm
Longitud 8,12 m
Volumen 4,04 m³
Peso 9,70 ton

Cálculos

Ubicación	Código	Cantidad	Individual	Ponderado Totales			Relación Kg/m ³
			Armado L (m)	Acero (Kg)	Acero (Kg)	Concreto m ³	
Centrales	C-80-1A	1	4 # 9+8 # 8	1.022	1.022	4,04	252,85
	C-80-2A	1	4 # 9+8 # 8	928	928	4,04	229,70
Lateral 1	C-80-3A	2	4 # 9+8 # 8	928	1.856	8,08	229,70
	C-80-4A	2	4 # 9+8 # 8	928	1.856	8,08	229,70
Lateral 2	C-80-5A	1	4 # 9+8 # 8	928	928	4,04	229,70
	C-80-6A	1	4 # 9+8 # 8	928	928	4,04	229,70
Esquineras	C-80-7A	2	4 # 9+8 # 8	928	1.856	8,08	229,70
	C-80-8A	2	4 # 9+8 # 8	928	1.856	8,08	229,70
Total Columnas		12		11.230	48,48	231,63	

RESUMEN COSTOS ** Columnas **

Ubicación	Código	Costos Promedios			Costo Total	
		¢ / Col.	¢ / m ³	\$ / m ³	¢	\$
Centrales	C-80-1A	1.313.549	325.136	711,46	1.313.549	2.874
	C-80-2A	1.241.792	307.374	672,59	1.241.792	2.717
Lateral 1	C-80-3A	1.241.792	307.374	672,59	2.483.585	5.435
	C-80-4A	1.241.792	307.374	672,59	2.483.585	5.435
Lateral 2	C-80-5A	1.241.792	307.374	672,59	1.241.792	2.717
	C-80-6A	1.241.792	307.374	672,59	1.241.792	2.717
Esquineras	C-80-7A	1.241.792	307.374	672,59	2.483.585	5.434,54
	C-80-8A	1.241.792	307.374	672,59	2.483.585	5.434,54
					14.973.266	32.764,26

	Cantidad	Unidad	Costos		
			Unitarios	Totales	Totales
Arranques	2.493	kg	503,94	1.256.552	2.749,57
Inyección	1,21	m ³	350.420	424.009	927,81
			Total	1.680.561	3.677,38

Apéndice 3f

Cálculo Cantidades - Montaje

Descripción: 4 Niveles ** y 4 Entrepisos
 Nivel de Techo: Con Entrepiso
 Módulos: 3 x 2

Código: P-1002.V-1.N-4
Nombre Proyecto: Proyecto de Tesis - TEC
 Consecutivo 1002
 Versión: 1
 Preparó: MTR
 Área / Edificio: 2.192,50
 Fecha: 06-Dic-04

Tipo de Cambio: 457

CODIGO	DESCRIPCION	CALCULO	CANTIDAD		unidad
			Fundaciones	Estructura	
100,01	Varilla gr.40 , fy = 2800 Kg/cm2				
100,02	Varilla gr.60 , fy = 4200 Kg/cm2			19.903,89	Kg
	Placas de Fundación	4.771,05	4.771		
	Arranques Columnas Fundación	1.803,91	1.804		
	Nudos de Techo	264,00		264,00	
	Acero Corrido VC	4.960,58		4.960,58	
	Bastones VC	2.885,36		2.885,36	
	Bastones V.Techo				
	Ues Entrepisos	801,97		801,97	
100,03	Malla electrosoldada d= 0,48 cm	4417,01		4.417,01	kg
200,01	Concreto expansivo fc' = 400 Kg/cm2			1,68	m ³
	Fundaciones			0,84	
	Columnas Intermedia			0,84	
	Vigas de Carga				
	Vigas de Techo			0,00	
200,06	Mortero			10,11	m ³
	Mortero losas ME	1348,50		2,02	
	Afinados sisas, nudos y otros			8,09	
400	HERRAJES			175,80	Kg
400,02	Angular	4			
400,03	Platina	167			
400,04	Soldadura	5			
400,06	Oxígeno	1,00		1,00	cil.
400,07	Acetileno	0,50		0,50	cil.
500	TRANSPORTES DE MONTAJE				
500,04	Grúa Grove (Low-boy)	2			
500,05	Grúa Torre (20T),6 y 6	12			
500,12	Back-hoe o excavadora	2			
500,13	Bodega (20T)	2			
600	GRUAS				
600,01	Grúa Móvil			216	hrs
600,02	Grúa Torre			0	meses
700,01	Alquiler Equipos Menores(plazo/cantidad)				
700,01,1	batidoras			1	
700,01,4	andamios			40	
700,01,5	tablas andamios			40	
700,01,6	crucetas de andamios			160	
700,01,7	puntales			72	
700,01,10	compactador(sapo)			3	
700,01,11	formaleta symons			48	
700,01,12	compactador de rodillo			2	
800	SUBCONTRATOS				
800,01	Servicios de topografía	4			días/visitas
800,02,1	Excavación estructural	290,12		290,12	m ³
800,02,2	Botado de tierra	377,16		377,16	m ³
800,03	Lastre para relleno de placas	294,34		294,34	m ³
850	CONCRETO PREMEZCLADO		82,66	210,26	
850,01	Concreto 70 directo (Toba Cemento)	9,40	9,40		m ³
850,03	Concreto 210 bombeado(sobrelosa)	100,86		100,86	m ³
850,04	Concreto 245 directo (fundaciones)	73,26	73,26		m ³
850,06	Concreto 280 bombeado (nudos y vigas)			109,40	m ³
		8,82	Nudos I y II		
		8,82	Nudos III-V		
		91,80	Compl.Vigas		
		6,13	Cajones		
850.10.1	Coloc. concreto y acab. helicóp. Sobrelosas	1754,00			

Apéndice 4a

Pre.Design.Cost.Model

Resumen de Costos

Código: P-1001.V-1.N-4

Nombre Proyecto: **Proyecto de Tesis**
 Consecutivo: 1001
 Preparó: MTR
 Área / Edificio: 2.554,50 m²
 Fecha: 26-oct-04

Descripción: 4 Niveles ** y 4 Entrepisos
 Nivel de Techo: Con Entrepiso
 Módulos: 3 x 2

Versión: 1

NFP. placa a 1,50. Sin Sustitución.
 y con Azotea

Nivel de Desplante 1,60 m
 Capacidad soportante 20 ton/m2

Modulación de Tablero

Horiz. a Flexión ¢ / m2	¢	28.109	\$	61,51
Edificio ¢ / m2	¢	38.813	\$	84,93
Edificio Total :	¢	99.149.084	\$	216.956

Modulación Rectangular

Horiz. a Flexión ¢ / m2	¢	24.932	\$	54,56
Edificio ¢ / m2	¢	36.526	\$	79,93
Edificio Total :	¢	93.305.493	\$	204.170

Modulación Tablero

Resumen Placas de Func	¢	11.278.584	\$	24.680
Excavación y Rellenos	¢	2.673.772	\$	5.851

sub-total Fundaciones ¢ 13.952.355 \$ 30.530

Columnas(I y II)	¢	15.140.954	\$	33.131
Columnas(III y IV)	¢	14.218.110	\$	31.112
Vigas Entrepiso	¢	20.550.056	\$	44.967
Resumen Costos - Losa	¢	22.533.111	\$	49.307
Vigas de Techo	¢	6.207.201	\$	13.582
Entrepiso Azotea	¢	6.547.296	\$	14.327
sub-total Elementos	¢	85.196.728	\$	186.426

Fundac.+Elementos ¢ 99.149.084 \$ 216.956

Horizontal a Flexión / Nivel

Vigas Entrepiso	¢	6.850.019	¢	14.989
Entrepiso MT	¢	7.511.037	¢	16.436
Fundac.+Elementos	¢	14.361.056	\$	31.425

Costos / m3

Resumen Placas de Func	¢	116.669	\$	255,29
Columnas(I y II)	¢	302.577	\$	662,09
Columnas(III y IV)	¢	300.721	\$	658,03
Vigas Entrepiso	¢	240.605	\$	526,49
Resumen Costos - Losa	¢	124.237	\$	271,85
Vigas de Techo	¢	218.026	\$	477,08
Entrepiso Azotea	¢	131.158	\$	287,00

Modulación Rectangular

Resumen Placas de Fund	¢	10.804.079	¢	23.641
Excavación y Rellenos	¢	2.568.758	\$	5.621

sub-total Fundaciones ¢ 13.372.837 \$ 29.262

Columnas(I y II)	¢	15.275.343	¢	33.425
Columnas(III y IV)	¢	14.233.075	¢	31.145
Vigas Entrepiso	¢	17.373.446	¢	38.016
Resumen Costos - Losa	¢	20.839.547	¢	45.601
Vigas de Techo	¢	5.727.813	¢	12.534
Entrepiso Azotea	¢	6.483.431	¢	14.187
sub-total Elementos	¢	79.932.655	\$	174.907

Fundac.+Elementos ¢ 93.305.493 \$ 204.170

Horizontal a Flexión / Nivel

Vigas Entrepiso	¢	5.791.149	¢	12.672
Entrepiso MT	¢	6.946.516	¢	15.200
Fundac.+Elementos	¢	12.737.665	\$	27.872

Costos / m3

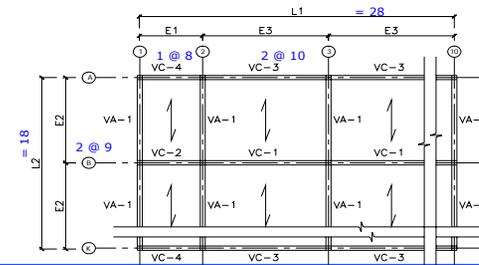
Resumen Placas de Fund	¢	119.637	\$	261,79
Columnas(I y II)	¢	315.085	\$	689,46
Columnas(III y IV)	¢	311.310	\$	681,20
Vigas Entrepiso	¢	263.354	\$	576,27
Resumen Costos - Losa	¢	138.392	\$	302,83
Vigas de Techo	¢	226.499	\$	495,62
Entrepiso Azotea	¢	129.166	\$	282,64

Apéndice 4b

Pre.Design.Cost.Model

RESUMEN DE COSTOS por Elementos

Código: P-1001.V-1.N-4	Versión: 1
Nombre Proyecto: Proyecto de Tesis	NFP. placa a 1,50. Sin Sustitución.
Consecutivo: 1001	
Preparó: MTR	
Área / Edificio: 2.554,50 m ²	
Fecha: 26-oct-04	
Descripción: 4 Niveles ** y 4 Entrepisos	Nivel de Desplante 1,60 m
Nivel de Techo: Con Entrepiso	Capacidad soportante 20 ton/m2
Módulos: 3 x 2	



COSTOS por Elementos

Modulación Rectangular

Elemento	Dimensiones	Cantidad	Volumen (m3)		Peso (ton)		Costos (¢)			Costos (\$)	
			Unitario	Total	Unitario	Total	¢ / m3	Unitario	Total	Total	
NFP. placa a 1,50. Sin Sustitución.											
C-80-1 al 8 A	0,80 x 0,80 x 8,12	12	4,04	48,48	9,70	116,35	¢ 315.085	¢ 1.272.945	¢ 15.275.343	\$ 33.425	
C-80-1 al 8 B	0,80 x 0,80 x 7,76	12	3,81	45,72	9,14	109,73	¢ 311.310	¢ 1.186.090	¢ 14.233.075	\$ 31.145	
		24		94,20		226,08	¢ 313.253		¢ 29.508.418	\$ 64.570	
	Relaciones Ajustadas	48	1,96		4,71			¢ 614.759			
VC-60-1 al 7	0,30 x 0,60 x 8,20	51	1,29	65,97	3,10	158,33	¢ 263.354	¢ 340.656	¢ 17.373.446	\$ 38.016	
VT-60-1 al 7 Az.	0,30 x 0,60 x 8,20	17	1,49	25,29	3,57	60,69	¢ 226.499	¢ 336.930	¢ 5.727.813	\$ 12.534	
		68		91,26		219,02	¢ 253.141	¢ 677.586	¢ 23.101.260	\$ 50.550	
	3 Entrepisos y Azotea	m2			ton/m2		¢ / m2				
ME-1 al 3	0,25 x 1,20 x 9,70	1.415		181,37	0,308	435,29	¢ 14.730		¢ 20.839.547	\$ 45.601	
ME-1 al 3 Az	0,20 x 1,20 x 9,70	472		49,92	0,254	119,81	¢ 13.748		¢ 6.483.431	\$ 14.187	
	Cant. MT Equivalente:	163	1886,4	m2	231,29	555,10	¢ 118.132		¢ 27.322.978	\$ 59.788	
	Totales	279		416,75		1.000,20		¢ 79.932.655	\$ 174.907		
	Relaciones:			0,39	m3/m2			¢ / m2	31.291		
				0,109	Elementos/m2			\$ / m2		\$ 68,47	

Placas de Fundación

Concreto	6,60 m3 / Placa
Acero	74,87 Kg / m3
¢ / Placa	¢ / m3 \$ / m3
¢ 686.277	¢ 119.637 \$ 261,79
Excavación	20,46 m3 / Placa
Relleno	14,73 m3 / Placa
¢ / Placa	¢ / m3 \$ / m3
¢ 900.340	¢ 43.998 \$ 96,28

	Cantidad	Unidad	Costos	
			Unitarios	Totales
Concreto placas	79,16	m3	¢ 49.996	¢ 3.957.742
Acero	5.153	Kg	¢ 504	¢ 2.597.018
Arranques Columnas	2.493	Kg	¢ 504	¢ 1.256.552
			¢ Total	¢ 7.811.312
			\$ Total	\$ 17.093
Excavación	245,56	m3	¢ 1.950	¢ 478.839
Botado	319,23	m3	¢ 650	¢ 207.497
Relleno Compactado	229,74	m3	¢ 6.240	¢ 1.433.573
Sustituciones	10,50	m3	¢ 42.748	¢ 448.850
Inyección	1,21	m3	¢ 350.420	¢ 424.009
			¢ Total	¢ 2.568.758
			\$ Total	\$ 5.621
Total Fundaciones, Excavaciones y Rellenos			¢ 90.312.726	\$ 197.621

Apéndice 4c

Pre.Design.Cost.Model

Presupuesto de Montaje

Código: **P-1001.V-1.N-4**
 Nombre Proyecto: **Proyecto de Tesis**
 Consecutivo: 1001
 Versión: 1
 Preparó: MTR
 Cliente: Ing. Marco
 Área / Edificio: 2.554,50 m²
 Fecha: 26-oct-04 m²

Descripción: **4 Niveles ** y 4 Entrepisos**
 Nivel de Techo: **Con Entrepiso**
 Módulos: **3 x 2**

Tipo de Cambio: **457**

¿Qué pasa si? Comprimir Tiempo Actividades Monto de: \$ 167.942 a #####
 Plazo de: 12,3 a 10,30 semanas

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD			UNIDAD	COSTO € UNITARIO	COSTO COLONES (€)			COSTO DÓLARES (\$)			% del Total
		Fundaciones	Estructura	Total			Fundaciones	Estructura	TOTAL	Fund.	Estruc.	TOTAL	
100	ACERO	7743	14493	22236	Kg	494,67	3.901.992	7.097.399	10.999.390	8.538	15.530	24.069	13,79%
100,02	Varilla gr.60 , fy = 4200 Kg/cm2	7743	9347	17090	Kg	503,94	3.901.992	4.710.132	8.612.124	8.538	10.307	18.845	10,80%
	Subtotal de varilla	7743	9347	17090	Kg		3.901.992	4.710.132	8.612.124	8.538	10.307	18.845	10,80%
100,03	Malla electrosoldada d= 0,48 cm	0	5146	5146	Kg	463,88	0	2.387.266	2.387.266	0	5.224	5.224	2,99%
100,05	Torón de 1/2"	0	0	0	ml	621,79	0	0	0	0	0	0	0,00%
200	CONCRETO EN SITIO	0	14	14	m3	96.626,85	0	1.379.662	1.379.662	0	3.019	3.019	1,73%
200,01	Concreto expansivo fc' = 400 Kg/cm ²	0,00	2,42	2,42	m3	350.420,45	0	848.017	848.017	0	1.856	1.856	1,06%
200,06	Mortero	0,00	11,86	11,86	m3	44.833,33	0	531.645	531.645	0	1.163	1.163	0,67%
300	FORMALETAS DE MADERA	2425	3705	6130	vara	410,11	1.012.375	1.501.419	2.513.794	2.215	3.285	5.501	3,15%
400	HERRAJES	0	4	4	m2	76,38	0	195.111	195.111	0	427	427	0,24%
400,02	Angular	0	4	4	un	16.268	0	65.071	65.071	0	142	142	0,08%
400,03	Platina	0	167	167	kg	594	0	98.936	98.936	0	216	216	0,12%
500	TRANSPORTES DE MONTAJE	12	11	23	viaje	19.513,04	262.000	186.800	448.800	573	409	982	0,56%
500,01	Cemento (7T)	0	2	2	viaje	26.400	0	52.800	52.800	0	116	116	0,07%
500,02	Varilla y toron (20T)	1	1	2	viaje	42.000	42.000	42.000	84.000	92	92	184	0,11%
500,04	Grúa Grove (Low-boy)	1	1	2	viaje	50.000	50.000	50.000	100.000	109	109	219	0,13%
500,05	Grúa Ritchier(20T),6 y 6	6	6	12	viaje	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
500,12	Back-hoe o excavadora (Low-boy)	2	0	2	viaje	50.000	100.000	0	100.000	219	0	219	0,13%
600	GRUAS	0	247	247	hr	15,000	650.000	5.990.000	6.640.000	1.422	13.107	14.530	8,32%
600,01	Grúa camión Escosa,Grove 45T	0	247	247	hr	15.000	0	3.705.000	3.705.000	0	8.107	8.107	4,64%
600,02	Grúa Torre Escosa,Ritchier 3.5T a 40	0	1,00	0,00	mes	2.285.000	0	2.285.000	2.285.000	0	5.000	5.000	2,86%
600,04	Grúa Torre Escosa,Liebherr 4.5T a 5	0,00	0,00	0,00	mes	2.285.000	0	0	0	0	0	0,00%	
600,05	Grúa Torre Alquilada	0,00	0,00	0,00	mes	2.856.250	0	0	0	0	0	0,00%	
700	EQUIPOS	1	2	2	mes	2.952.868,95	3.815.411	3.208.734	7.024.146	8.349	7.021	15.370	8,81%
700,01	Alquiler Equipos Menores(plazo/cant)	plazo	plazo		mes	2.952.869	3.815.411	3.208.734	7.024.146	8.349	7.021	15.370	8,81%
800	SUBCONTRATOS			1	gl	0,00	2.311.823	104.000	2.415.823	5.059	228	5.286	3,03%
810	MAMPOSTERIA DE BLOQUES	0	0	0	m2	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
850	CONCRETO PREMEZCLADO	95,72	270,51	366,22	m3	61.184,51	4.706.480	17.700.788	22.407.268	10.299	38.733	49.031	28,09%
900	MISCLANEOS			1	gl	951.050	1.934.718	2.885.768	4.820.486	2.081	4.234	6.315	3,62%
1000	GASTOS DE OPERACION	3,3	9	10,30	semana	498.950,36	1.738.415	3.400.774	5.139.189	3.804	7.442	11.245	6,44%
1100	MANO DE OBRA	7920	10620	18540	hr	955,50	7.567.560	10.147.410	17.714.970	16.559	22.204	38.764	22,21%
1100	PLACA F. GRUA TORRE	0	0	0	m3	111.015,56	0	0	0	0	0	0	0,00%
1200	VIATICOS	0	357	357	as/per	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00%

Costo total de Montaje € 19.636.803 € 34.855.228 € 54.492.031 \$ 42.969 \$ 76.270 \$ 119.239 68,32%
 Costo total:subcontratos,premezclado y transporte € 7.280.303 € 17.991.588 € 25.271.891 \$ 15.931 \$ 39.369 \$ 55.300 31,68%

COSTO TOTAL € 26.917.106 € 52.846.816 € 79.763.922 \$ 58.900 \$ 115.639 \$ 174.538 100,00%
 COSTO/ m2 € 10.537 € 20.688 € 31.225 \$ 23 \$ 45 \$ 68

Apéndice 4d

Pre.Design.Cost.Model

Resumen Presupuesto de Montaje.

Código: **P-1001.V-1.N-4**

Nombre Proyecto: **Proyecto de Tesis**

Consecutivo: 1001

Versión: 1

Preparó: MTR

Cliente: Ing. Marco T

Área / Edificio: 2.554,50 m²

Fecha: 26-oct-04

Descripción: **4 Niveles ** y 4 Entrepisos**

Nivel de Techo: **Con Entrepiso**

Módulos: **3 x 2**

Tipo de Cambio: **457**

CODIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD			UNIDAD	COSTO ¢ UNITARIO	COSTO COLONES (¢)			COSTO DÓLARES (\$)			% del Total
		Fundaciones	Estructura	Total			Fundaciones	Estructura	TOTAL	Fund.	Estruc.	TOTAL	
100	ACERO	7743	14493	22236	Kg	494,67	3.901.992	7.097.399	10.999.390	8.538	15.530	24.069	13,79%
200	CONCRETO EN SITIO	0,00	14,28	14,28	m3	96,627	0	1.379.662	1.379.662	0	3.019	3.019	1,73%
300	FORMALETAS DE MADERA	2425	3705	6130	vara	410,11	1.012.375	1.501.419	2.513.794	2.215	3.285	5.501	3,15%
400	HERRAJES				m2	76,38	0	195.111	195.111	0	427	427	0,24%
500	TRANSPORTES DE MONTAJE	12	11	23	viaje	19.513	262.000	186.800	448.800	573	409	982	0,56%
600	GRUAS	0,0	247,0	247,0	horas	0	650.000	5.990.000	6.640.000	1.422	13.107	14.530	8,32%
700	EQUIPOS	0,76	2,03	2,38	mes	2.952.869	3.815.411	3.208.734	7.024.146	8.349	7.021	15.370	8,81%
800	SUBCONTRATOS			1	gl		2.311.823	104.000	2.415.823	5.059	228	5.286	3,03%
850	CONCRETO PREMEZCLADO	95,72	270,51	366,22	m3	61.185	4.706.480	17.700.788	22.407.268	10.299	38.733	49.031	28,09%
900	MISCELANEOS			1	gl		951.050	1.934.718	2.885.768	2.081	4.234	6.315	3,62%
1000	GASTOS DE OPERACION	3,3	8,8	10,3	semana	498.950	1.738.415	3.400.774	5.139.189	3.804	7.442	11.245	6,44%
1100	MANO DE OBRA	7920	10620	18540	hr	955,50	7.567.560	10.147.410	17.714.970	16.559	22.204	38.764	22,21%
1100	PLACA F. GRUA TORRE	0,0	0,0	0,0	gl	111.015,56	0	0	0	0	0	0	0,00%
1200	VIATICOS	0,0	357,0	357,0	gl	0,00	0	0	0	0	0	0	0,00%

Costo total de Montaje 19.636.803 ¢ 34.855.228 ¢ 54.492.031 ¢ 42.969 \$ 76.270 \$ 119.239 \$ 68,32%
 Costo total: subcontratos, premezclado y transporte 7.280.303 ¢ 17.991.588 ¢ 25.271.891 ¢ 15.931 \$ 39.369 \$ 55.300 \$ 31,68%

COSTO TOTAL ¢ 26.917.106 ¢ 52.846.816 ¢ 79.763.922 ¢ 58.900 \$ 115.639 \$ 174.538 \$ 100,00%
 COSTO/m2 ¢ 10.537 ¢ 20.688 ¢ 31.225 ¢ 23,06 \$ 45,27 \$ 68,33

Descripción	Relación	Rendimiento
Concreto	m3/m2	0,149
Acero	Kg/m3	62,2
Mano de obra	H.H/m3	7,26
Montaje	H.G/m2	0,10
	piezas/m2	0,12
	hg/pieza	0,82
Avance de obra	m2/semana	248

Apéndice 4e

Pre.Design.Cost.Model

Resumen Presupuesto de Ventas

Código: P-1001.V-1.N-4
Nombre Proyecto: Proyecto de Tesis
 Consecutivo 1001
 Versión: 1
 Preparó: MTR
 Cliente: Ing. Marco T. Ramí
 Área / Edificio: 2.554,50
 Fecha: 26-oct-04

Descripción: 4 Niveles ** y 4 Entrepisos
 Nivel de Techo: Con Entrepiso
 Módulos: 3 x 2

Tipo de Cambio: 457

viajes 56
 Cantid.Elementos 279
 Plazo Montaje 10,30

Área (m2)	Volumen (m ³)	Costo (¢)/Elem.	Precio (\$)/Elem.
2.554,50	416,75	¢ 299.252	\$ 654,82

Rubro	Costo (¢)	Costo (\$)	% Costo
Elementos	¢ 79.932.655	\$ 174.907	48,49%
Transportes	¢ 1.960.000	\$ 4.289	1,19%
Moldes	¢ 1.598.653	\$ 3.498	0,97%
Sub-Total	¢ 83.491.309	\$ 182.694	50,65%
Sub-Total/m ²	¢ 32.684	\$ 71,52	

Rubro	Costo (¢)	Precio (\$)	% Precio
Montaje	¢ 54.940.831	\$ 120.221	33,33%
Subcontratos	¢ 24.823.091	\$ 54.317	15,06%
Póliza TRC	¢ 1.595.278	\$ 3.491	0,97%
Sub-Total	¢ 81.359.200	\$ 178.029	49,35%
Sub-Total/m ²	¢ 31.849	\$ 69,69	

Rubro	Costo (¢)	Precio (\$)	% Precio
Total	¢ 164.850.509	\$ 360.723	100,00%
Precio/m ²	¢ 64.533	\$ 141,21	

Apéndice 4f

Pre.Design.Cost.Model

Cálculo Cantidades - Montaje

Descripción: 4 Niveles ** y 4 Entrepisos
Nivel de Techo: Con Entrepiso
Módulos: 3 x 2

Código: P-1002.V-1.N-4

Nombre Proyecto: Proyecto de Tesis

Consecutivo 1002

Versión: 1

Preparó: MTR

Área / Edificio: 2.736,00

Fecha: 26-oct-04

Tipo de Cambio: 457

CODIGO	DESCRIPCION	CALCULO	CANTIDAD		unidad
			Fundaciones	Estructura	
100,01	Varilla gr.40 , fy = 2800 Kg/cm2				
100,02	Varilla gr.60 , fy = 4200 Kg/cm2			28.465,70	Kg
	Placas de Fundación	7.196,87	7.197		
	Arranques Columnas Fundación	2.493,47	2.493		
	Nudos de Techo	468,00		468,00	
	Acero Corrido VC	7.587,38		7.587,38	
	Bastones VC	4.302,60		4.302,60	
	Bastones V.Techo				
	Ues Entrepisos	905,45		905,45	
100,03	Malla electrosoldada d= 0,48 cm	5511,94		5.511,94	kg
200,01	Concreto expansivo fc' = 400 Kg/cm2			2,42	m ³
	Fundaciones			1,21	
	Columnas Intermedia			1,21	
	Vigas de Carga				
	Vigas de Techo			0,00	
200,06	Mortero			12,73	m ³
	Mortero losas ME	1697,50		2,55	
	Afinados sisas, nudos y otros			10,19	
400	HERRAJES			331,50	Kg
400,02	Angular	7			
400,03	Platina	315			
400,04	Soldadura	10			
400,06	Oxigeno	1,00		1,00	cil.
400,07	Acetileno	0,50		0,50	cil.
500	TRANSPORTES DE MONTAJE				
500,04	Grúa Grove (Low-boy)	2			
500,05	Grúa Torre (20T),6 y 6	12			
500,12	Back-hoe o excavadora	2			
500,13	Bodega (20T)	2			
600	GRUAS				
600,01	Grúa Móvil			267	hrs
600,02	Grúa Torre			0	meses
700,01	Alquiler Equipos Menores(plazo/cantidad)				
700,01,1	batidoras			2	
700,01,4	andamios			50	
700,01,5	tablas andamios			50	
700,01,6	crucetas de andamios			200	
700,01,7	puntales			136	
700,01,10	compactador(sapo)			4	
700,01,11	formaleta symons			48	
700,01,12	compactador de rodillo			3	
800	SUBCONTRATOS				
800,01	Servicios de topografía	4			días/visitas
800,02,1	Excavación estructural	374,78		374,78	m ³
800,02,2	Botado de tierra	487,22		487,22	m ³
800,03	Lastre para relleno de placas	348,80		348,80	m ³
850	CONCRETO PREMEZCLADO		138,44	264,86	
850,01	Concreto 70 directo (Toba Cemento)	16,00	16,00		m ³
850,03	Concreto 210 bombeado(sobrelosa)	125,86		125,86	m ³
850,04	Concreto 245 directo (fundaciones)	122,44	122,44		m ³
850,06	Concreto 280 bombeado (nudos y vigas)			139,00	m ³
		12,75	Nudos I y II		
		12,75	Nudos III-V		
		113,54	Compl.Vigas		
		6,75	Cajones		
850.10.1	Coloc. concreto y acab. helicóp. Sobrelosas	2188,80			

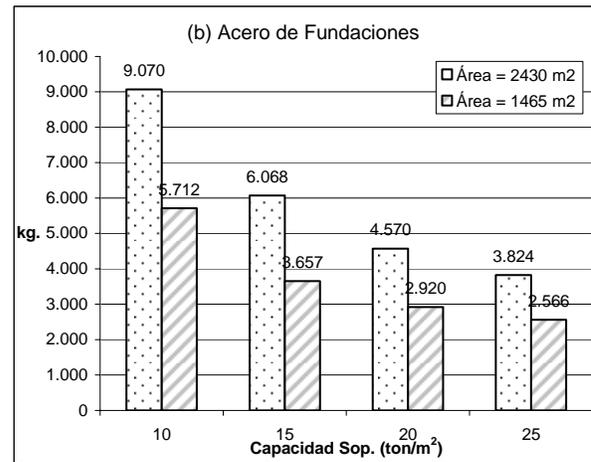
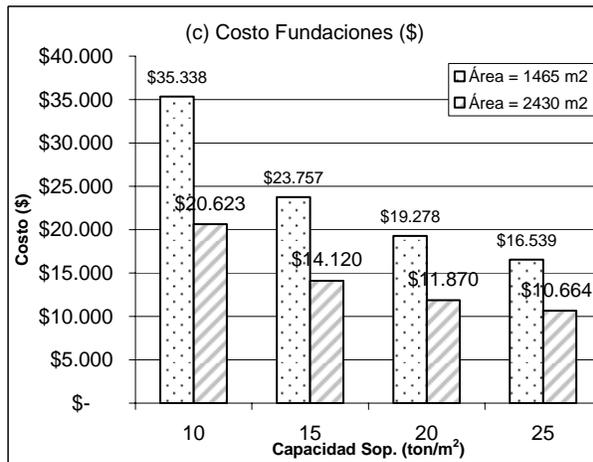
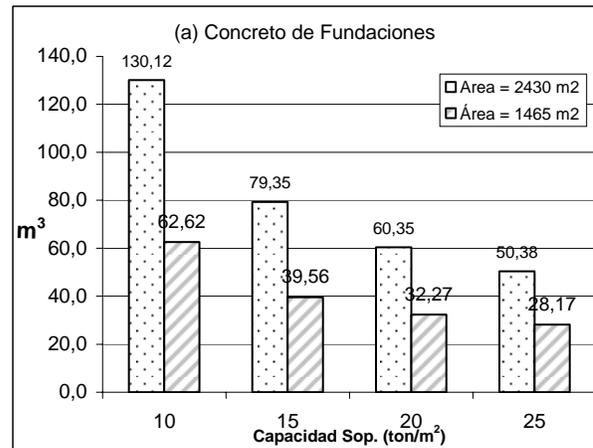
Apéndice 5a

Efecto de la capacidad soportante del terreno en las placas de fundación

Descripción de la estructura analizada:

4 Niveles * 3 Entrepisos
 Nivel de Techo: *Con V. Techo*
 Módulos: 3 x 2

Área:	2430,00	1465,20	m ²
<hr/>			
L1 =	30,00	30,00	
L2 =	20,00	12,00	
<hr/>			
E1 =	10,00	10,00	
E2 =	10,00	6,00	
E3 =	10,00	10,00	
<hr/>			
Carga temporal		250	kg/m ²
Capacidad soportante		Variable	ton/m ²



Observaciones

Alturas :		h1= 3,96
		h2= 3,96
		h3= 3,80

Apéndice 5b

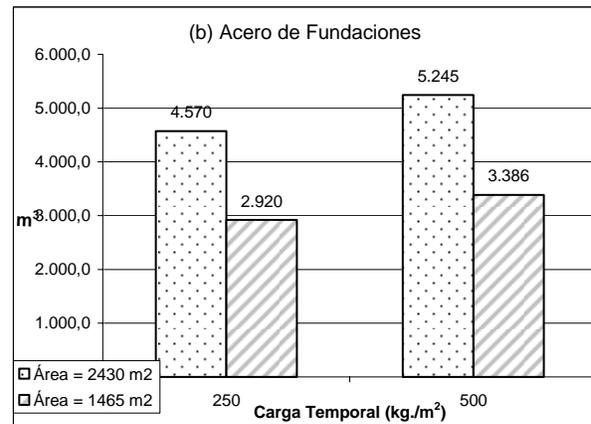
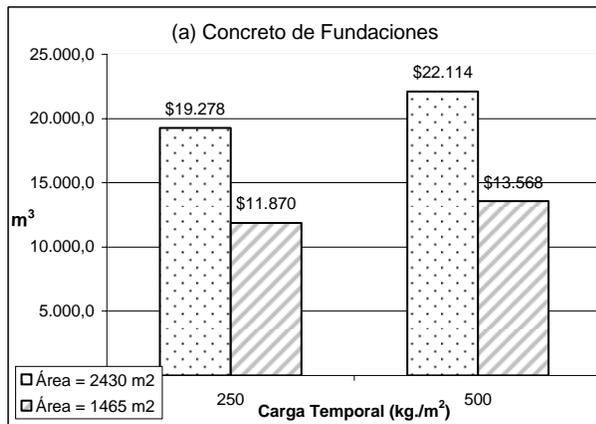
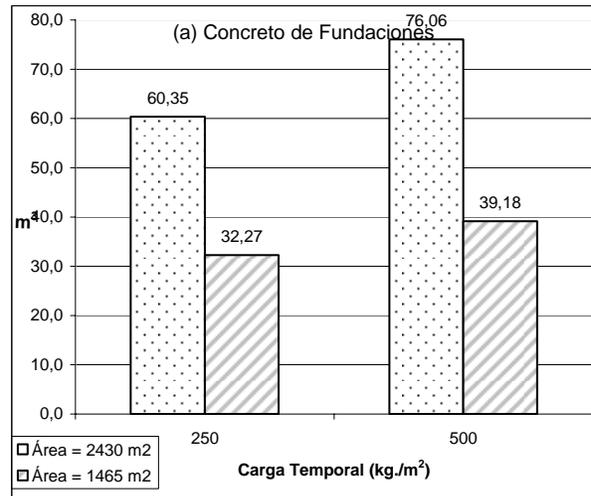
Efecto de la carga temporal en las placas de fundación

Descripción de la estructura analizada:

4 Niveles **3 Entrepisos
 Nivel de Techo: *Con V.Techo*
 Módulos: 3 x 2
 Área: 2430,00 1465,20 m²

L1 =	30,00	30,00
L2 =	20,00	12,00
E1 =	10,00	10,00
E2 =	10,00	6,00
E3 =	10,00	10,00

Carga temporal Variable kg/m2
 Capacidad soportante 20 ton/m2



Observaciones

Alturas :

h1=	3,96
h2=	3,96
h3=	3,80

Apéndice 5c

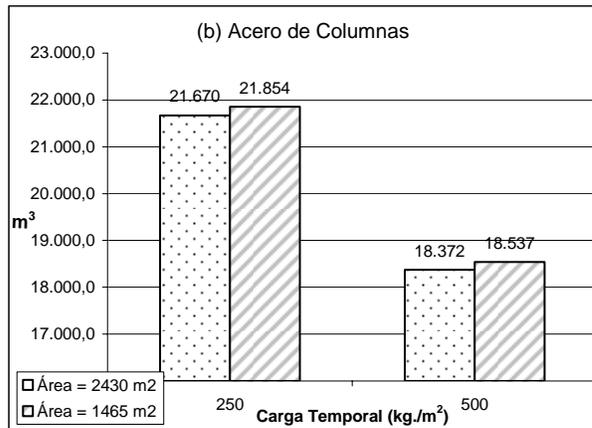
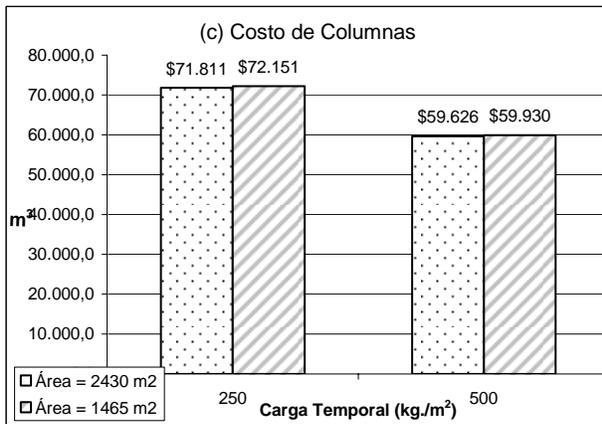
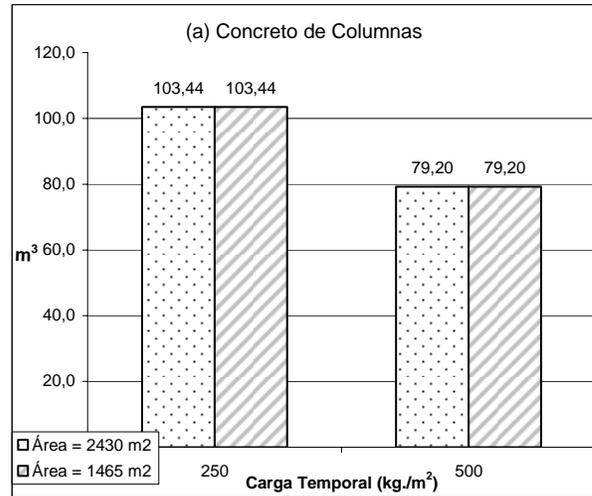
Efecto de la carga temporal en las columnas prefabricadas

Descripción de la estructura analizada:

4 Niveles **3 Entrepisos
 Nivel de Techo: *Con V. Techo*
 Módulos: 3 x 2

Área:	2430,00	1465,20	m ²
L1 =	30,00	30,00	
L2 =	20,00	12,00	
E1 =	10,00	10,00	
E2 =	10,00	6,00	
E3 =	10,00	10,00	

Carga temporal 250 kg/m²
 Capacidad soportante Variable ton/m²



Observaciones

Alturas :

h1=	3,96
h2=	3,96
h3=	3,80

Apéndice 5d

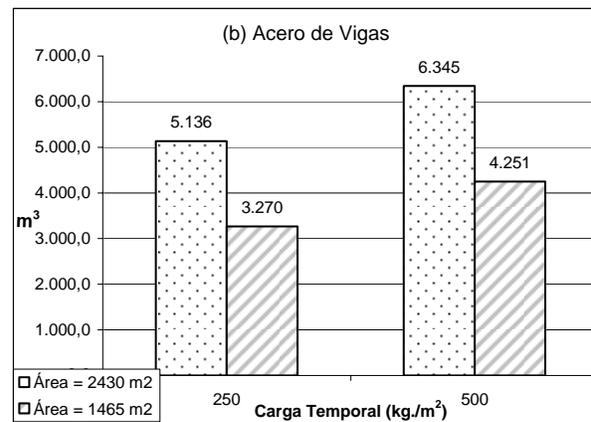
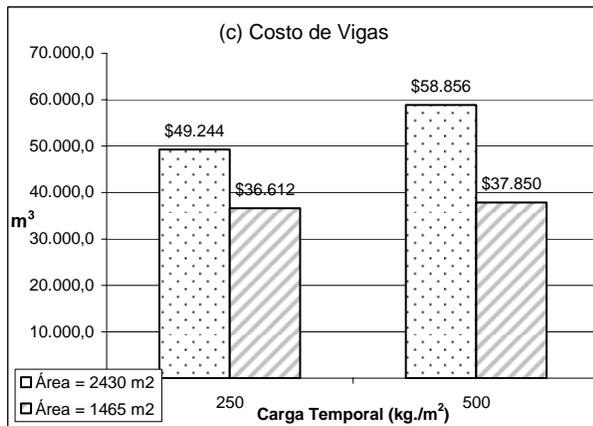
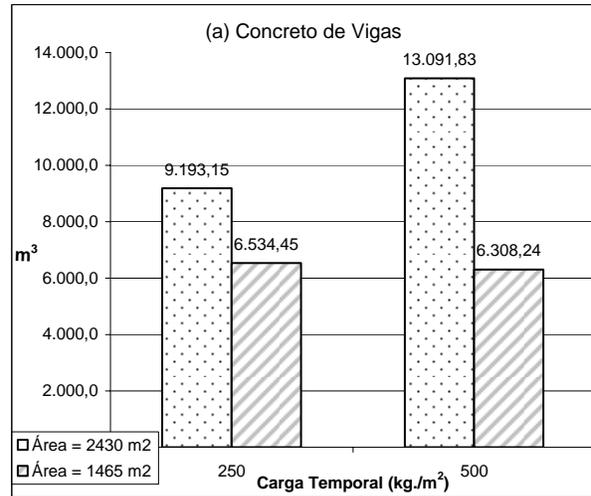
Efecto de la carga temporal en las vigas modulación tablero

Descripción de la estructura analizada:

4 Niveles **3 Entrepisos
 Nivel de Techo: *Con V.Techo*
 Módulos: 3 x 2
 Área: 2430,00 1465,20 m²

L1 =	30,00	30,00
L2 =	20,00	12,00
E1 =	10,00	10,00
E2 =	10,00	6,00
E3 =	10,00	10,00

Carga temporal 250 kg/m²
 Capacidad soportante Variable ton/m²



Observaciones

Alturas :

h1=	3,96
h2=	3,96
h3=	3,80

Apéndice 5e

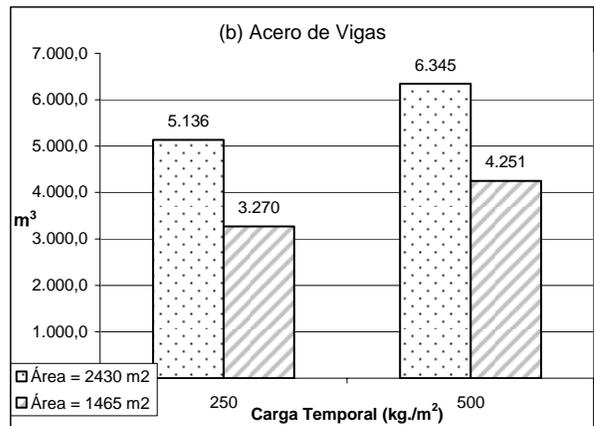
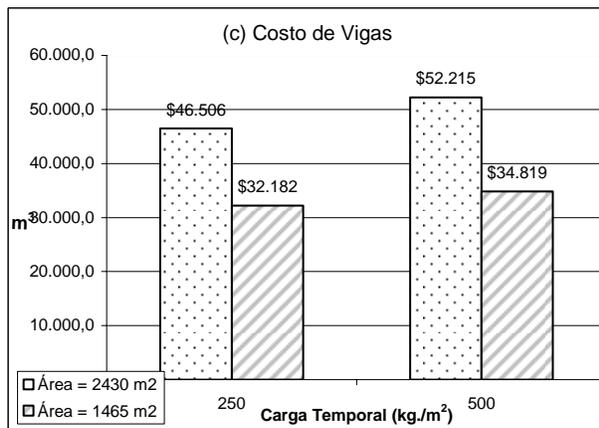
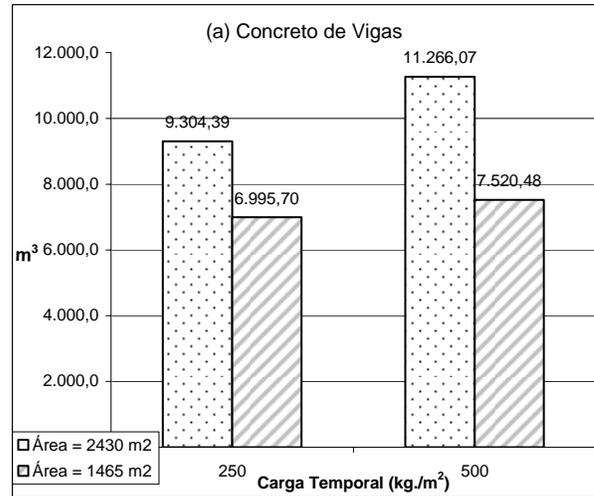
Efecto de la carga temporal en las vigas modulación rectangular

Descripción de la estructura analizada:

4 Niveles **3 Entrepisos
 Nivel de Techo: *Con V. Techo*
 Módulos: 3 x 2

Área:	2430,00	1465,20	m ²
L1 =	30,00	30,00	
L2 =	20,00	12,00	
E1 =	10,00	10,00	
E2 =	10,00	6,00	
E3 =	10,00	10,00	

Carga temporal Variable kg/m2
 Capacidad soportante 20 ton/m2



Observaciones

Alturas :

h1=	3,96
h2=	3,96
h3=	3,80

Apéndice 5f

Efecto de diferentes modulaciones en las placas de fundación y columnas

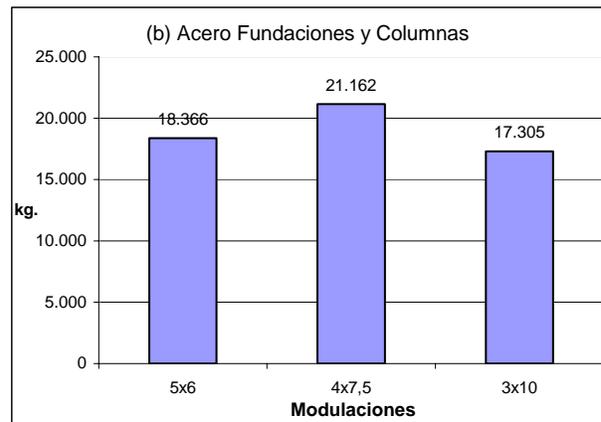
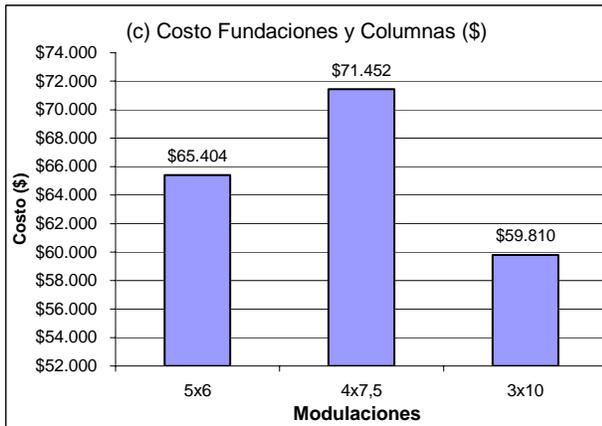
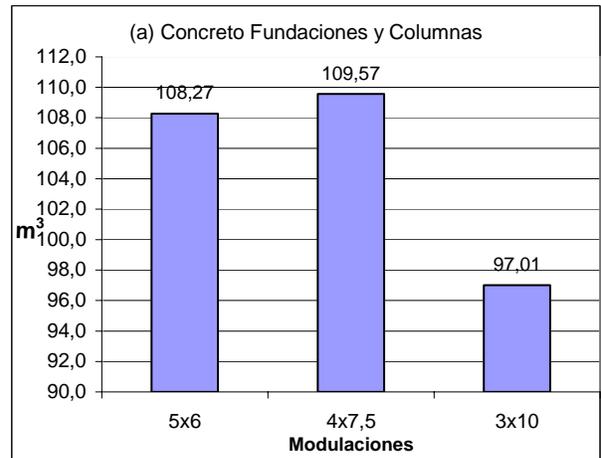
Descripción de la estructura analizada:

3 Niveles **2 Entrepisos
 Nivel de Techo: *Con V.Techo*
 Módulos: Variables x 2
 Área: 976,00 m²

L1 =	30,00
L2 =	16,00

E1 =	10,00	Variable
E2 =	10,00	8,00
E3 =	10,00	Variable

Carga temporal 250 kg/m²
 Capacidad soportante 20 ton/m²



Observaciones

Alturas :	h1= 3,96
	h2= 3,96
	h3= 3,80

Apéndice 6a

Analisis del efecto de la Capacidad soportante:

En el volumen de concreto de fundaciones

Capacidad soportante	% de disminución en cap.sop.	Edificio A.	Edificio B.
		% de incremento respecto a 25 ton/m ²	
25	0,0%	0,00%	0,00%
20	20,0%	19,79%	14,55%
15	40,0%	57,50%	40,43%
10	60,0%	158,28%	122,29%

En el acero de fundaciones

Capacidad soportante	% de disminución en cap.sop.	Edificio A.	Edificio B.
		% de incremento respecto a 25 ton/m ²	
25	0,0%	0,00%	0,00%
20	20,0%	19,51%	13,80%
15	40,0%	58,68%	42,52%
10	60,0%	137,19%	122,60%

En los costos de fundaciones

Capacidad soportante	% de disminución en cap.sop.	Edificio A.	Edificio B.
		% de incremento respecto a 25 ton/m ²	
25	0,0%	0,00%	0,00%
20	20,0%	16,56%	11,31%
15	40,0%	43,64%	32,41%
10	60,0%	113,66%	93,39%

Apéndice 6b

Analisis del efecto de la Carga Temporal:

En placas de fundación

En el volumen de concreto de fundaciones

Capacidad soportante	% de aumento.	Edificio A. Edificio B.	
		% de incremento respecto a 250 kg/m ²	
250	0,0%	0,00%	0,00%
500	-100,0%	26,03%	21,41%

En el acero de fundaciones

Capacidad soportante	% de aumento.	Edificio A. Edificio B.	
		% de incremento respecto a 250 kg/m ²	
250	0,0%	0,00%	0,00%
500	-100,0%	14,77%	15,96%

En los costos de fundaciones

Capacidad soportante	% de aumento.	Edificio A. Edificio B.	
		% de incremento respecto a 250 kg/m ²	
250	0,0%	0,00%	0,00%
500	-100,0%	14,71%	14,30%

En el costo de las vigas.

Modulación bidireccional

Capacidad soportante	% de aumento.	Edificio A. Edificio B.	
		% de incremento respecto a 250 kg/m ²	
250	0,0%	0,00%	0,00%
500	-100,0%	19,52%	3,38%

Modulación unidireccional

Capacidad soportante	% de aumento.	Edificio A. Edificio B.	
		% de incremento respecto a 250 kg/m ²	
250	0,0%	0,00%	0,00%
500	-100,0%	12,28%	8,19%

Apéndice 7

Pasos para la determinación del coeficiente sísmico

1. Clasificación del edificio según su importancia
 - 1.1. Las edificaciones deben ser clasificada según su importancia y riesgo de ocupación o función conforme a la Tabla 41 CSCR-02, con esto se le asigna un factor (I) de importancia, el cual le define la severidad sísmica para la cual se debe diseñar
2. Zona sísmica
 - 2.1. Según el código sísmico, nuestro país se divide en tres zonas sísmicas II, III y IV Son de sismicidad ascendentes y se especifican en la Tabla 21, CSCR-02, según su ubicación
3. Clasificación del tipo de suelo
 - 3.1. Para considerar el efecto de las condiciones locales del suelo en la demanda sísmica, y en ausencia de estudios más refinados de amplificación dinámica, se establece una clasificación de los sitios de cimentación Suelo S1, S2, S3 y S4
4. Aceleración sísmica
 - 4.1. Con base en la zonificación sísmica y el sitio de cimentación se establecen

los valores de aceleración pico efectiva de diseño (a_{ef}), como parámetro indicador de la sacudida sísmica correspondiente a un período de retorno de 500 años Por ejemplo, con la relación entre un suelo tipo S3 y una zona sísmica tipo III de la (Tabla 22 CSCR-02), se obtiene un valor de $a_{ef} = 0.36$

5. Tipo de estructura
 - 5.1. Esta clasificación se realiza según las propiedades geométricas, físicas y estructurales de la obra en análisis Consideramos nuestro modelo como tipo marco, según la siguiente definición: "Se incluyen dentro de este tipo aquellas edificaciones que resisten las fuerzas sísmicas por medio de sistemas sismo-resistentes constituidos por marcos de concreto reforzado, vinculados o no, por medio de un sistema horizontal o entrepiso de concreto reforzado en cada nivel" Capítulo 42 CSCR-02, al tipo marco se le asigna un $S_r = 20$
6. Factor espectral dinámico Figura 57, CSCR-02 Período natural de vibración
 - 6.1. Según el código hay dos formas de calcular este tiempo natural, por el

método aproximado o por la fórmula de Rayleigh

6.1.1. El método aproximado Para la estructura Tipo Marco de Concreto, $T = 0.10 \times N$, donde N es el número de niveles

7. Ductilidad global asignada, se determina según la clasificación de regularidad del sistema estructural y la ductilidad local de los componentes y uniones Este modelo presenta características de regularidad en altura y en planta ver artículos 431 y 432 de CSCR-02, sin embargo, conservadoramente y siendo que no corresponde a un diseño final, se podría clasificar el modelo como una

estructura irregular moderada a criterio del diseñador

8. Factor espectral dinámico Es la modificación en aceleración que sufre un sistema de un grado de libertad con respecto a la aceleración del suelo, que es función de la zona sísmica, del sitio de cimentación de la ductilidad global asignada y del período El valor del factor espectral dinámico (F_{ed}), se obtiene de los gráficos y permite el cálculo posterior del coeficiente sísmico

$$C = \frac{a_{ef} \cdot I \cdot Fed}{S_r}$$

Apéndice 8a

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-40 (8 # 5)

		Pu	Mu
0		(66,86)	
1	2	(46,86)	2,64
2	4	(16,90)	7,49
3	6	7,34	10,83
4	8	21,94	11,95
5	10	33,06	12,56
6	12	48,23	14,01
7	14	63,32	15,22
8	16	77,31	16,21
9	18	90,57	17,00
10	20	105,83	17,22
11	22	121,41	17,14
12	24	136,18	16,97
13	26	149,65	16,68
14	28	163,29	16,26
15	30	176,54	15,70
16	32	189,47	15,00
17	34	202,13	14,15
18	36	214,58	13,14
19	38	226,83	11,99
20	40	238,94	10,67
21	42	249,24	9,37
22	44	249,24	
23	46		

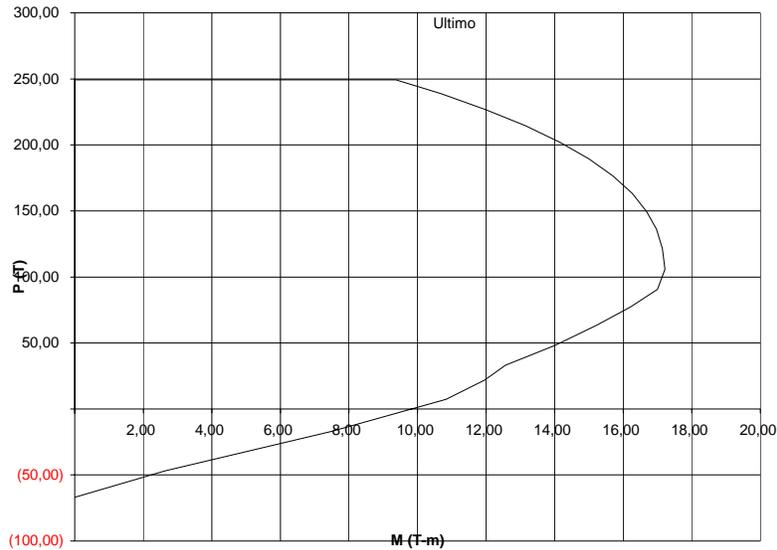


Diagrama de Interacción Plano mayor

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²

Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²

Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-40 (4 # 6+4 # 5)

		Pu	Mu
0		(73,20)	
1	2	(56,00)	3,30
2	4	(20,20)	9,10
3	6	13,30	13,50
4	8	31,60	14,90
5	10	46,80	16,20
6	12	63,40	18,10
7	14	82,70	19,70
8	16	98,40	21,00
9	18	116,50	21,90
10	20	131,70	22,50
11	22	150,10	22,40
12	24	168,90	22,00
13	26	186,10	21,50
14	28	203,50	20,80
15	30	220,30	19,90
16	32	236,70	19,00
17	34	252,70	17,80
18	36	268,40	16,40
19	38	283,90	14,90
20	40	299,10	13,20
21	42	308,90	12,00
22	44	308,90	
23	46		

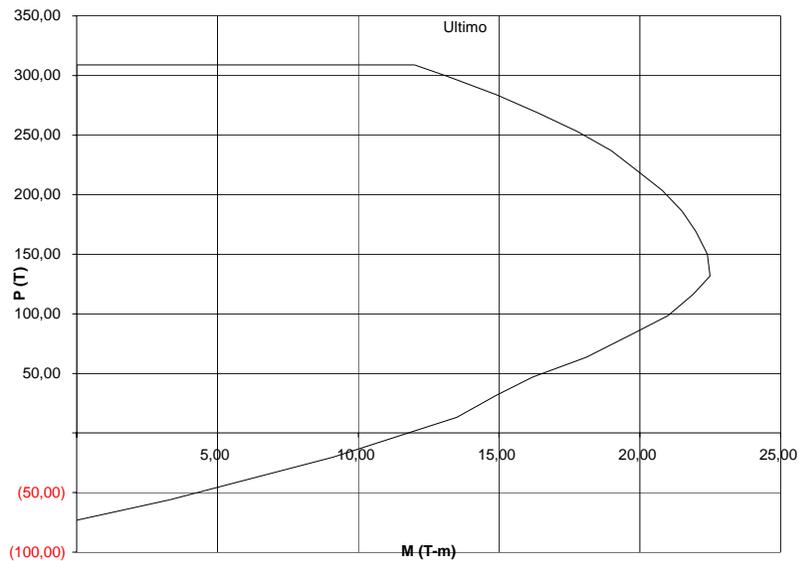


Diagrama de Interacción Plano mayor

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-40 (8 # 6)

		Pu	Mu
0		(85,90)	
1	2	(68,70)	3,30
2	4	(30,90)	9,40
3	6	5,30	14,70
4	8	25,90	16,10
5	10	41,00	16,80
6	12	58,10	18,80
7	14	79,30	20,40
8	16	98,40	21,70
9	18	115,50	22,60
10	20	131,50	23,20
11	22	150,90	23,10
12	24	170,80	22,60
13	26	188,50	22,00
14	28	206,50	21,30
15	30	224,00	20,40
16	32	240,90	19,30
17	34	257,40	18,10
18	36	273,60	16,80
19	38	289,40	15,20
20	40	305,00	13,50
21	42	316,20	12,10
22	44	316,20	
23	46		

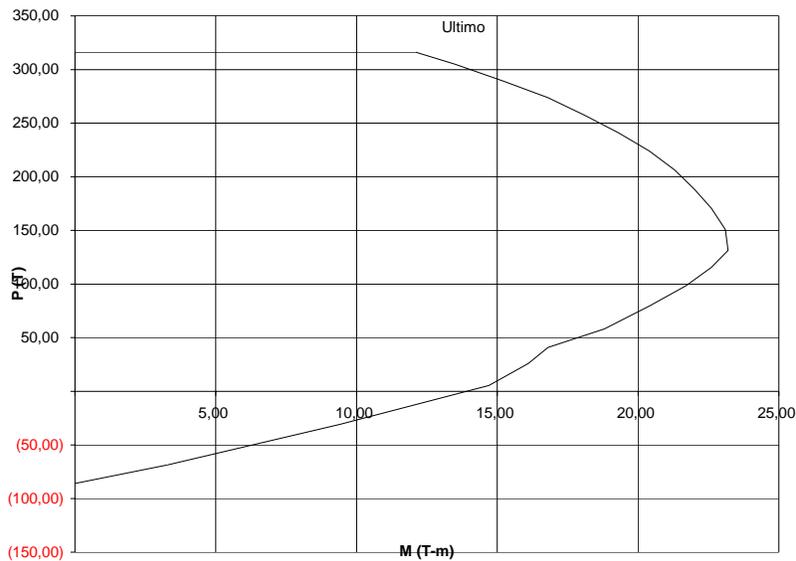


Diagrama de Interacción Plano mayor

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²

Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²

Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-40 (4 # 7+4 # 6)

		Pu	Mu
0		(101,50)	
1	2	(84,30)	3,30
2	4	(41,50)	10,20
3	6	(0,50)	16,50
4	8	22,80	18,00
5	10	39,00	18,40
6	12	56,70	20,40
7	14	78,30	22,10
8	16	97,90	23,40
9	18	115,10	24,40
10	20	131,10	25,00
11	22	151,40	24,70
12	24	172,40	24,00
13	26	191,10	23,30
14	28	210,00	22,40
15	30	228,20	21,40
16	32	245,70	20,30
17	34	262,80	19,00
18	36	279,50	17,60
19	38	295,80	16,00
20	40	311,80	14,20
21	42	325,20	12,50
22	44	325,20	
23	46		

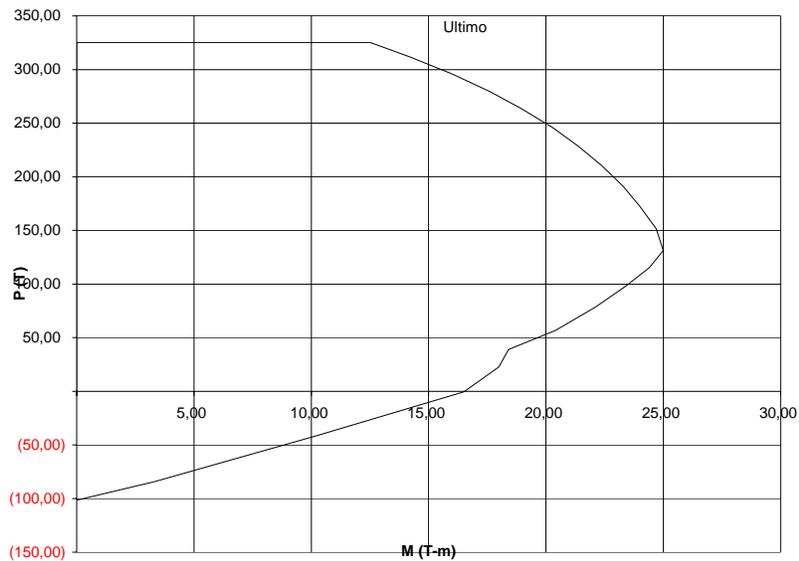


Diagrama de Interacción Plano mayor

Apéndice 8b

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-50 (8 # 5)

		Pu	Mu
0		(101,50)	
1	3	(74,70)	6,40
2	5	(7,90)	20,30
3	8	31,60	26,10
4	10	57,00	28,50
5	13	80,80	31,90
6	15	105,40	35,40
7	18	133,40	38,20
8	20	158,40	40,30
9	23	182,60	42,00
10	25	206,00	43,20
11	28	231,90	43,50
12	30	260,60	42,70
13	33	286,90	41,70
14	35	313,40	40,40
15	38	339,20	38,80
16	40	364,30	36,90
17	43	389,00	34,60
18	45	413,20	32,00
19	48	437,00	29,10
20	50	460,60	25,70
21	53	475,20	23,40
22	55	475,20	
23	58		
24	60		

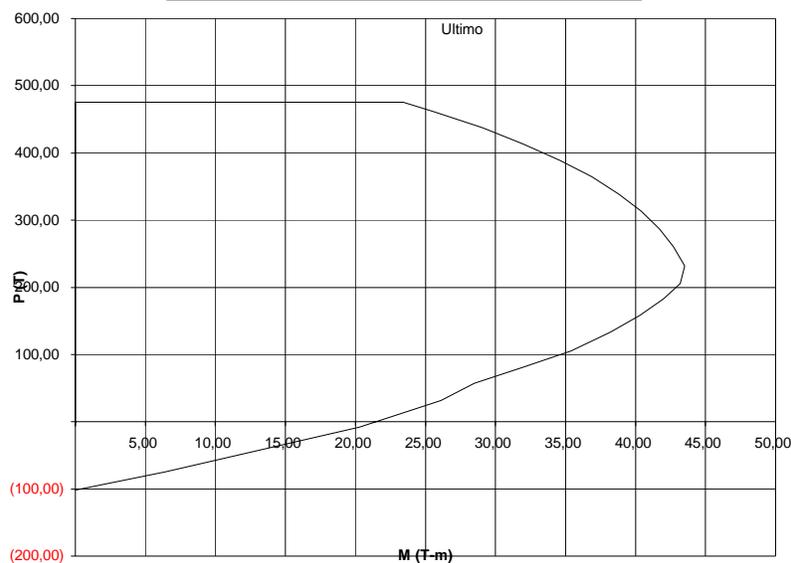


Diagrama de Interacción Plano mayor

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-50 (8 # 7)

		Pu	Mu
0		(117,10)	
1	3	(90,30)	6,40
2	5	(19,60)	21,10
3	8	23,20	27,90
4	10	51,30	30,40
5	13	74,10	33,00
6	15	99,20	36,60
7	18	129,40	39,40
8	20	156,10	41,50
9	23	181,40	43,20
10	25	205,80	44,40
11	28	232,70	44,60
12	30	262,70	43,70
13	33	289,60	42,60
14	35	317,00	41,20
15	38	343,60	39,50
16	40	369,40	37,60
17	43	394,70	35,20
18	45	419,40	32,60
19	48	443,80	29,60
20	50	467,70	26,20
21	53	484,20	23,60
22	55	484,20	
23	58		
24	60		

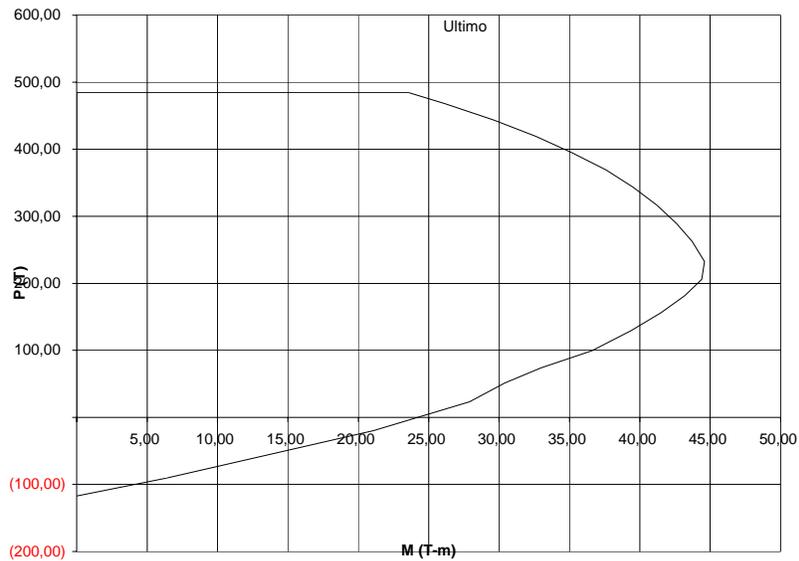


Diagrama de Interacción Plano mayor

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-50 (4 # 8+4 # 7)

		Pu	Mu
0		(135,60)	
1	3	(108,80)	6,40
2	5	(28,90)	22,90
3	8	18,40	30,80
4	10	49,10	33,30
5	13	72,50	35,60
6	15	98,40	39,30
7	18	128,90	42,20
8	20	155,50	44,30
9	23	180,90	45,90
10	25	205,30	47,20
11	28	232,90	47,30
12	30	264,20	46,10
13	33	292,30	44,70
14	35	320,80	43,10
15	38	348,20	41,30
16	40	374,80	39,10
17	43	400,70	36,70
18	45	426,10	33,90
19	48	451,00	30,80
20	50	475,50	27,30
21	53	494,90	24,20
22	55	494,90	
23	58		
24	60		

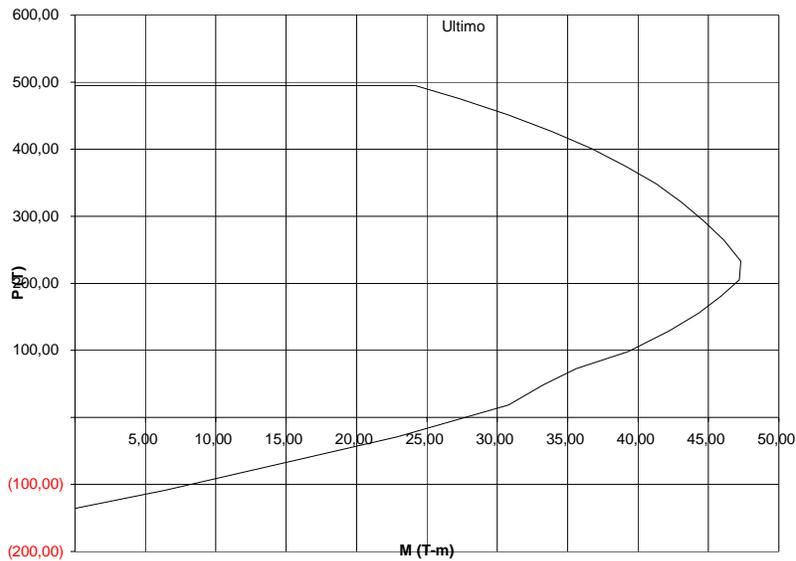


Diagrama de Interacción Plano mayor

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-50 (8 # 8)

		Pu	Mu
0		(154,10)	
1	3	(127,40)	6,40
2	5	(42,80)	23,90
3	8	7,30	33,20
4	10	41,50	35,90
5	13	64,50	36,90
6	15	91,10	40,70
7	18	124,20	43,60
8	20	152,70	45,70
9	23	179,50	47,30
10	25	205,10	48,60
11	28	233,90	48,60
12	30	266,70	47,30
13	33	295,60	45,80
14	35	325,10	44,10
15	38	353,50	42,20
16	40	380,90	39,90
17	43	407,50	37,40
18	45	433,50	34,60
19	48	459,00	31,40
20	50	484,00	27,90
21	53	505,60	24,50
22	55	505,60	
23	58		
24	60		

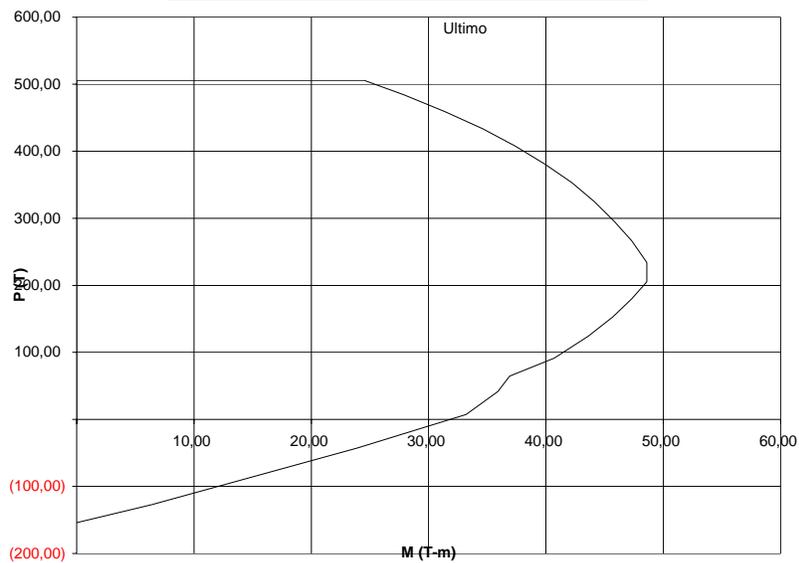


Diagrama de Interacción Plano mayor

Apéndice 8c

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-60 (8 # 5)

		Pu	Mu
0		(135,60)	
1	3	(94,50)	11,70
2	6	7,20	37,20
3	9	55,40	45,00
4	12	87,60	48,60
5	15	122,30	55,40
6	18	155,30	61,00
7	21	193,10	65,30
8	24	228,80	68,90
9	27	263,40	71,80
10	30	297,00	73,90
11	33	331,90	74,90
12	36	372,50	73,50
13	39	409,90	71,80
14	42	447,60	69,60
15	45	484,30	66,90
16	48	520,20	63,60
17	51	555,40	59,70
18	54	590,00	55,20
19	57	624,10	50,10
20	60	657,80	44,40
21	63	678,20	40,40
22	66	678,20	
23	69		
24	72		

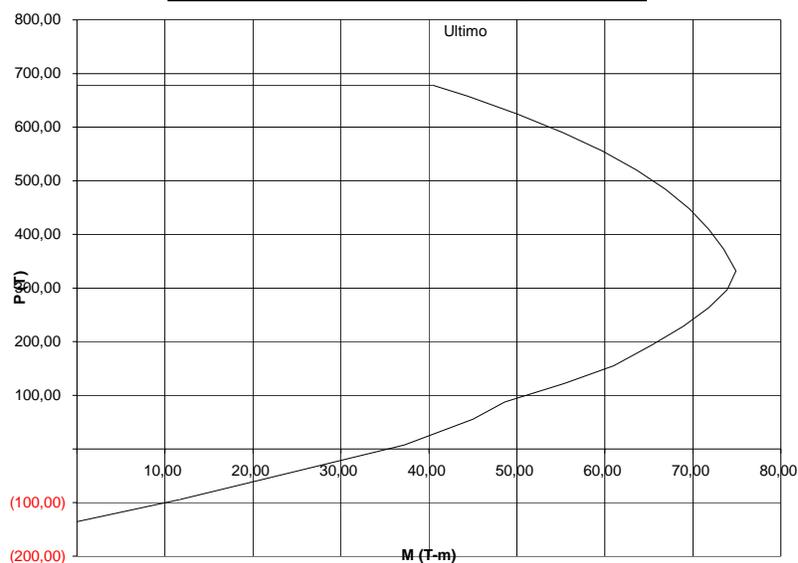


Diagrama de Interacción Plano mayor

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-60 (8 # 8)

		Pu	Mu
0		(154,10)	
1	3	(112,80)	11,80
2	6	(5,50)	39,20
3	9	46,70	47,70
4	12	81,60	51,50
5	15	114,60	57,10
6	18	148,20	62,70
7	21	188,40	67,00
8	24	226,00	70,60
9	27	262,00	73,50
10	30	296,70	75,70
11	33	332,70	76,60
12	36	374,90	75,10
13	39	413,00	73,20
14	42	451,80	70,80
15	45	489,50	68,00
16	48	526,10	64,60
17	51	562,00	60,60
18	54	597,30	56,10
19	57	632,00	50,90
20	60	666,20	45,10
21	63	688,90	40,80
22	66	688,90	
23	69		
24	72		

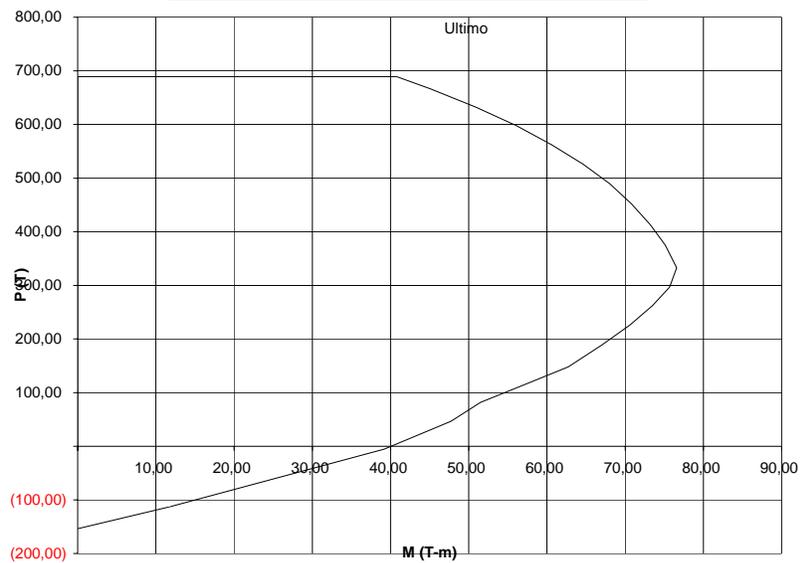


Diagrama de Interacción Plano mayor

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-60 (4 # 9+4 # 8)

		Pu	Mu
0		(174,60)	
1	3	(132,80)	11,90
2	6	(13,30)	42,30
3	9	43,10	51,80
4	12	80,10	55,40
5	15	113,70	60,90
6	18	147,60	66,50
7	21	187,80	70,90
8	24	225,50	74,50
9	27	261,40	77,30
10	30	296,10	79,50
11	33	332,50	80,30
12	36	376,30	78,40
13	39	415,80	76,20
14	42	455,70	73,60
15	45	494,30	70,50
16	48	531,90	66,90
17	51	568,50	62,70
18	54	604,50	58,00
19	57	639,80	52,70
20	60	674,50	46,70
21	63	700,70	41,70
22	66	700,70	
23	69		
24	72		

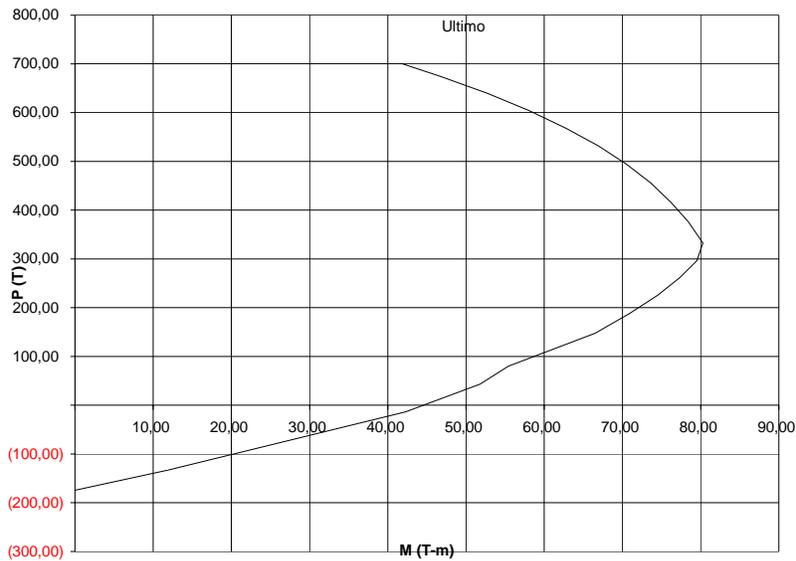


Diagrama de Interacción Plano mayor

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-60 (8 # 9)

		Pu	Mu
0		(195,10)	
1	3	(153,10)	12,00
2	6	(27,40)	43,90
3	9	32,60	55,10
4	12	72,90	58,80
5	15	105,30	62,80
6	18	139,80	68,50
7	21	182,70	72,80
8	24	222,30	76,40
9	27	259,80	79,30
10	30	295,80	81,40
11	33	333,50	82,20
12	36	378,90	80,10
13	39	419,20	77,70
14	42	460,30	74,90
15	45	500,00	71,70
16	48	538,50	68,00
17	51	575,90	63,80
18	54	612,60	58,90
19	57	648,50	53,50
20	60	683,80	47,50
21	63	712,60	42,00
22	66	712,60	
23	69		
24	72		

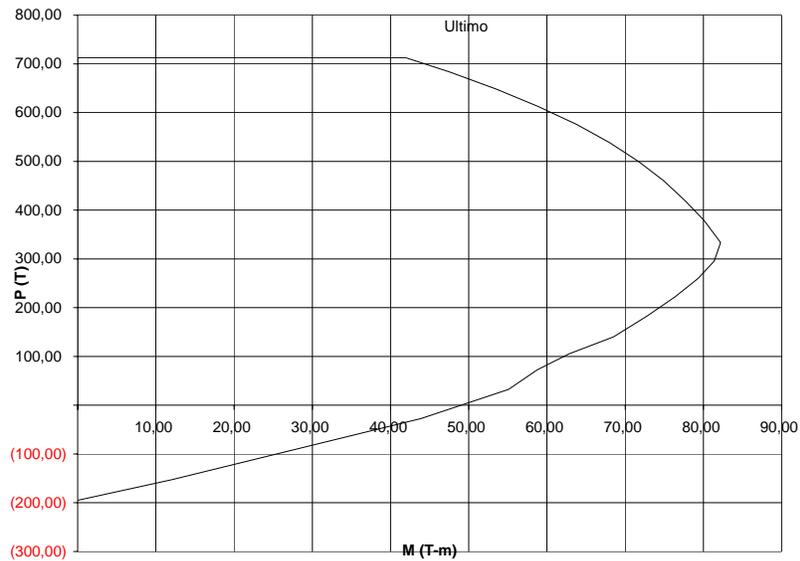


Diagrama de Interacción Plano mayor

Apéndice 8d

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-70 (8 # 9)

		Pu	Mu
0		(195,10)	
1	4	(114,30)	26,10
2	7	7,60	62,50
3	11	74,60	74,90
4	14	117,60	80,20
5	18	162,10	90,10
6	21	204,70	98,10
7	25	258,50	104,90
8	28	309,00	110,70
9	32	357,30	115,20
10	35	404,10	118,70
11	39	450,80	120,70
12	42	507,20	118,40
13	46	558,50	115,50
14	49	610,60	111,80
15	53	661,20	107,40
16	56	710,50	102,10
17	60	758,90	95,80
18	63	806,40	88,60
19	67	853,20	80,50
20	70	899,40	71,30
21	74	929,10	64,60
22	77	929,10	
23	81		
24	84		

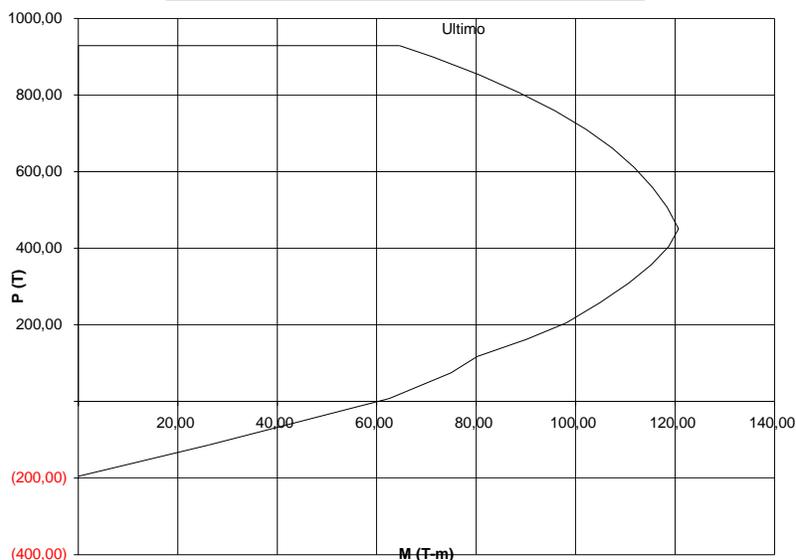


Diagrama de Interacción Plano mayor

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-70 (4 # 10+4 # 9)

		Pu	Mu
0		(221,40)	
1	4	(135,40)	27,70
2	7	(1,00)	68,40
3	11	71,40	81,20
4	14	116,50	86,20
5	18	161,40	96,00
6	21	204,00	104,00
7	25	257,70	110,90
8	28	308,20	116,60
9	32	356,60	121,10
10	35	403,40	124,60
11	39	450,30	126,50
12	42	508,70	123,60
13	46	561,70	120,20
14	49	615,30	116,10
15	53	667,20	111,30
16	56	717,70	105,60
17	60	767,00	99,10
18	63	815,40	91,60
19	67	863,00	83,20
20	70	910,00	73,80
21	74	944,30	66,10
22	77	944,30	
23	81		
24	84		

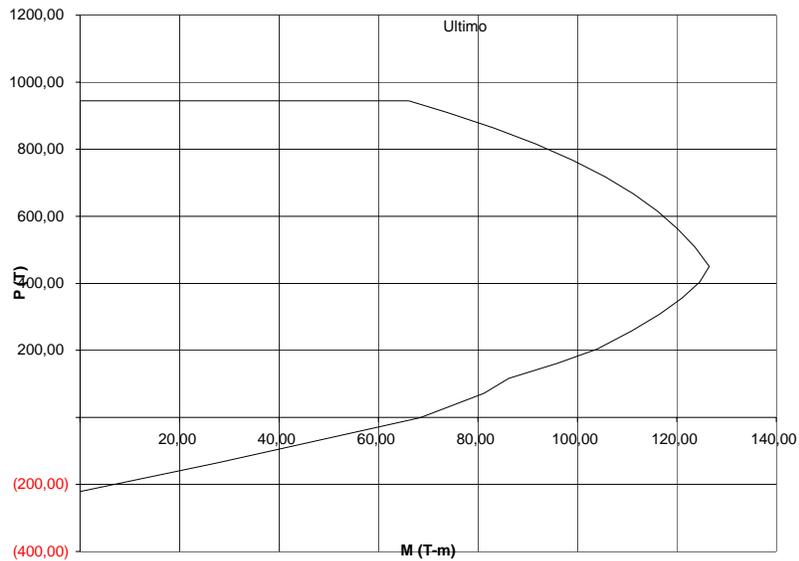


Diagrama de Interacción Plano mayor

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-70 (4 # 9+8 # 8)

		Pu	Mu
0		(251,70)	
1	4	(165,40)	27,80
2	7	(30,00)	68,80
3	11	48,30	85,50
4	14	99,00	91,20
5	18	151,00	97,60
6	21	202,00	106,60
7	25	250,10	114,20
8	28	300,30	120,10
9	32	350,90	124,10
10	35	401,20	127,30
11	39	451,00	129,00
12	42	511,90	125,80
13	46	569,80	122,20
14	49	625,20	118,00
15	53	678,70	113,00
16	56	730,60	107,20
17	60	779,00	100,80
18	63	828,50	93,20
19	67	877,10	84,70
20	70	924,90	75,20
21	74	961,90	67,00
22	77	961,90	
23	81		
24	84		

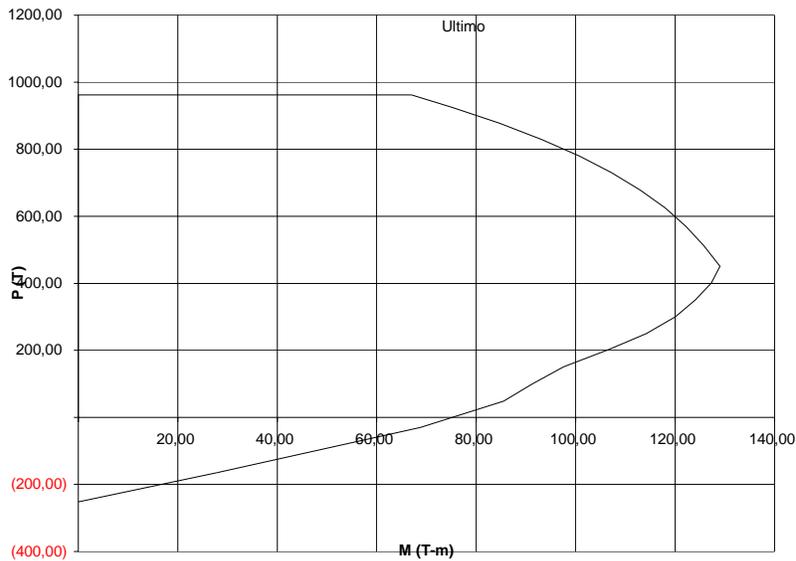


Diagrama de Interacción Plano mayor

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-70 (4 # 10+8 # 9)

		Pu	Mu
0		(318,90)	
1	4	(223,50)	30,50
2	7	(65,90)	78,20
3	11	23,30	100,60
4	14	82,40	106,10
5	18	136,80	108,40
6	21	190,50	117,70
7	25	240,60	125,50
8	28	293,30	131,40
9	32	346,50	135,30
10	35	399,40	138,40
11	39	451,50	139,90
12	42	517,80	135,70
13	46	580,20	131,10
14	49	639,60	126,00
15	53	696,40	120,30
16	56	751,30	113,90
17	60	801,80	106,90
18	63	853,60	98,90
19	67	904,30	89,90
20	70	953,90	80,10
21	74	1000,70	69,70
22	77	1000,70	
23	81		
24	84		

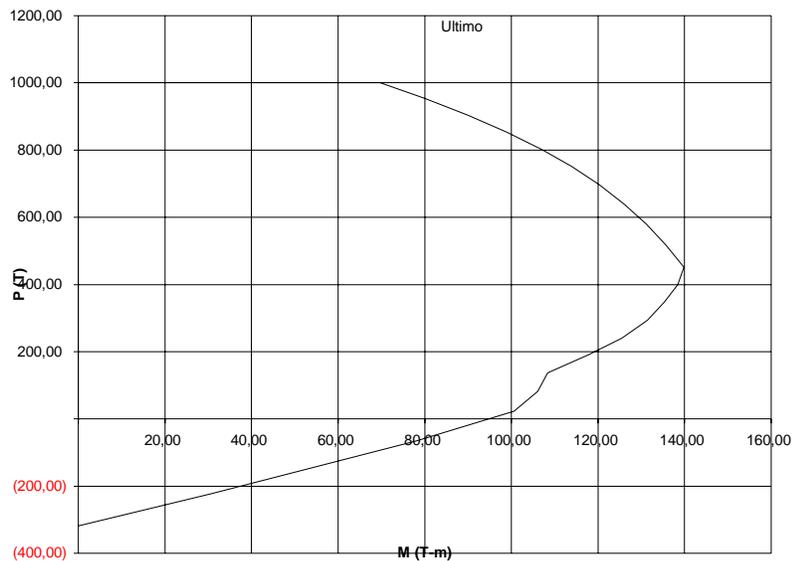


Diagrama de Interacción Plano mayor

Apéndice 8e

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-80 (8 # 8)

		Pu	Mu
0		(251,70)	
1	4	(127,00)	46,00
2	8	13,10	93,80
3	12	95,00	111,20
4	16	149,80	119,10
5	20	213,90	132,60
6	24	277,40	145,70
7	28	337,90	156,80
8	32	400,30	165,50
9	36	463,40	171,70
10	40	526,20	176,50
11	44	587,30	179,60
12	48	660,40	176,40
13	52	730,90	172,20
14	56	798,90	166,80
15	60	864,90	160,20
16	64	929,40	152,30
17	68	990,40	143,30
18	72	1052,50	132,60
19	76	1113,60	120,40
20	80	1174,00	106,70
21	84	1211,80	97,10
22	88	1211,80	
23	92		
24	96		

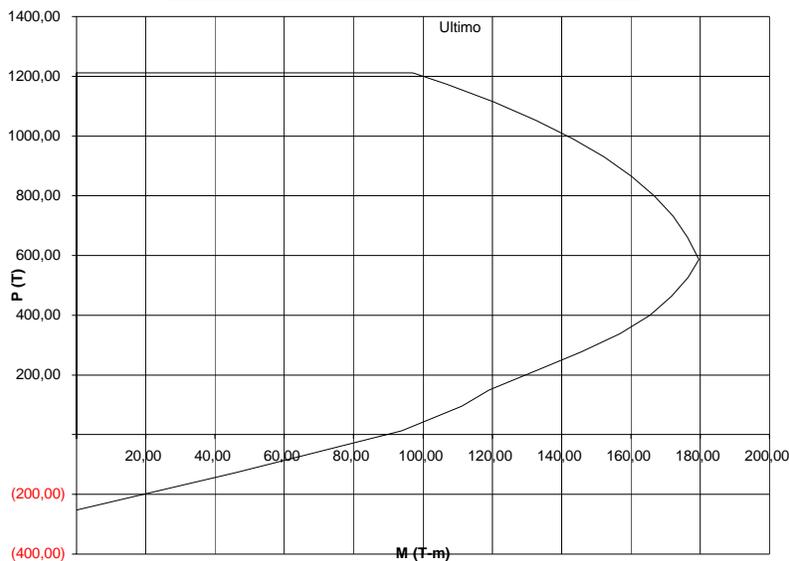


Diagrama de Interacción Plano mayor

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-80 (4 # 10+8 # 8)

		Pu	Mu
0		(278,00)	
1	4	(144,80)	48,90
2	8	6,20	101,20
3	12	92,60	118,80
4	16	149,20	126,30
5	20	213,20	139,50
6	24	276,60	152,60
7	28	337,20	163,70
8	32	399,60	172,40
9	36	462,60	178,60
10	40	525,50	183,40
11	44	586,60	186,50
12	48	661,70	182,60
13	52	733,90	177,70
14	56	803,40	171,90
15	60	870,80	164,80
16	64	936,40	156,50
17	68	998,40	147,10
18	72	1061,40	136,10
19	76	1123,30	123,70
20	80	1184,40	109,70
21	84	1226,90	98,80
22	88	1226,90	
23	92		
24	96		

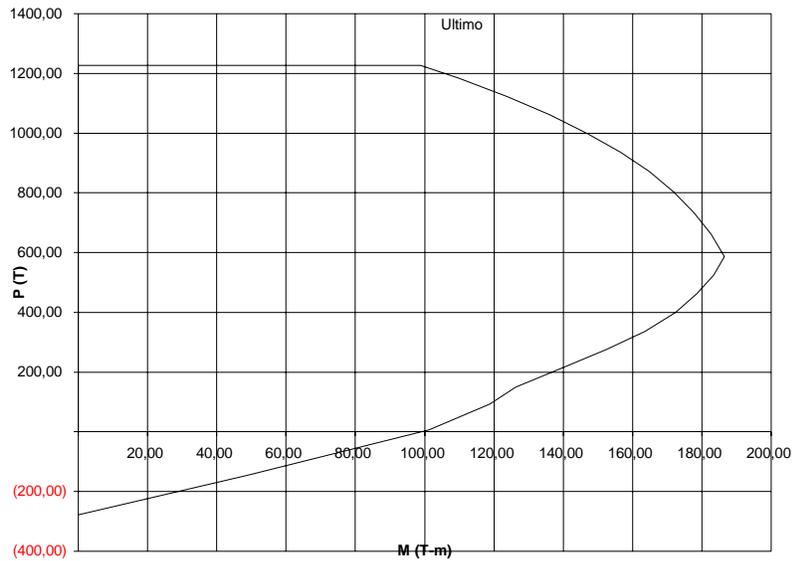


Diagrama de Interacción Plano mayor

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-80 (4 # 10+8 # 9)

		Pu	Mu
0		(318,90)	
1	4	(179,20)	51,20
2	8	(19,70)	107,20
3	12	74,40	128,00
4	16	136,10	135,60
5	20	199,90	145,20
6	24	266,10	158,70
7	28	328,50	170,00
8	32	393,30	178,70
9	36	459,00	184,70
10	40	524,30	189,50
11	44	587,50	192,50
12	48	665,90	188,00
13	52	741,00	182,60
14	56	812,90	176,30
15	60	882,40	168,90
16	64	949,80	160,20
17	68	1012,90	150,60
18	72	1077,30	139,30
19	76	1140,50	126,60
20	80	1202,70	112,50
21	84	1250,60	100,20
22	88	1250,60	
23	92		
24	96		

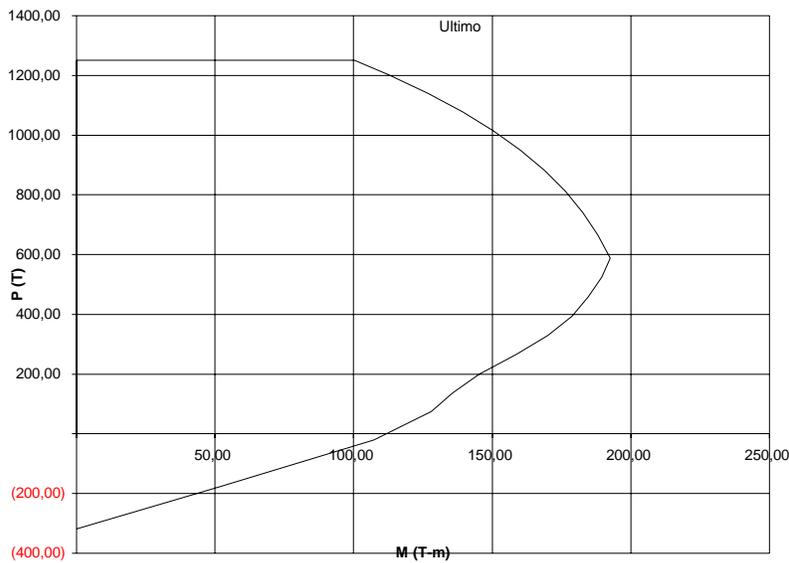


Diagrama de Interacción Plano mayor

Datos Diagramas de Interacción

Resistencia del concreto: 350 Kg/cm²
 Resistencia del acero: 4200 Kg/cm²
 Recubrimiento: 5 cm

COLUMNA: C-80 (12 # 10)

		Pu	Mu
0		(371,50)	
1	4	(223,30)	54,20
2	8	(53,00)	113,90
3	12	49,40	140,20
4	16	118,00	148,10
5	20	182,90	152,60
6	24	252,50	166,40
7	28	317,40	178,00
8	32	385,30	186,90
9	36	454,30	192,70
10	40	522,90	197,30
11	44	588,70	200,30
12	48	671,40	195,00
13	52	750,00	188,90
14	56	825,10	182,00
15	60	897,20	174,00
16	64	967,00	165,00
17	68	1031,50	155,00
18	72	1097,70	143,40
19	76	1162,60	130,40
20	80	1226,30	116,00
21	84	1281,00	102,10
22	88	1281,00	
23	92		
24	96		

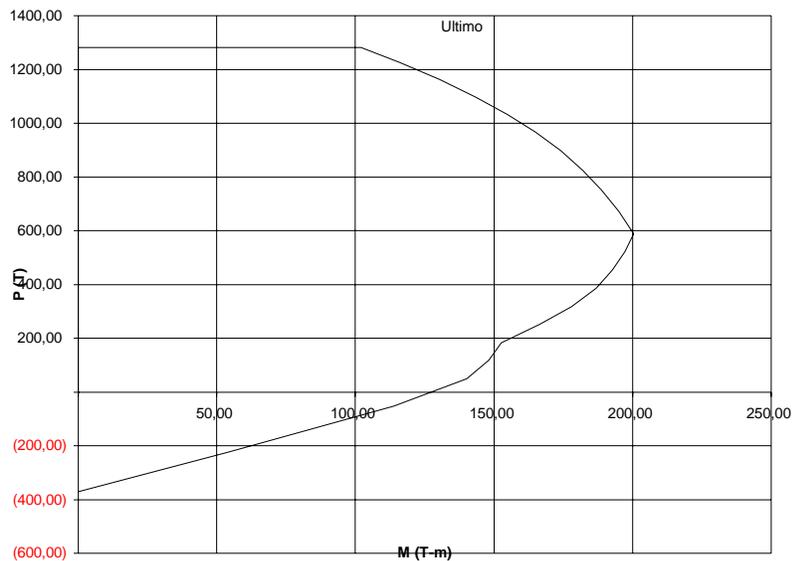
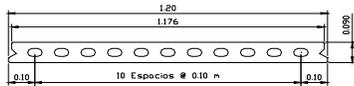


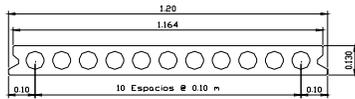
Diagrama de Interacción Plano mayor

Anexo 1

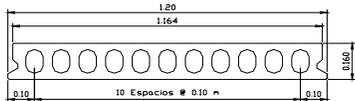
Longitudes admisibles para losas multitubulares (ME):



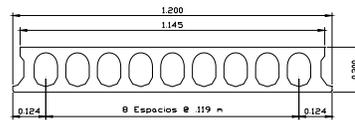
Losa de entrepiso de 9 cm.
ME-9



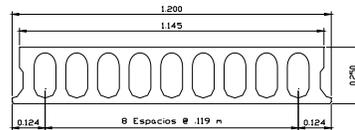
Losa de entrepiso de 13 cm.
ME-13



Losa de entrepiso de 16 cm.
ME-13



Losa de entrepiso de 20 cm.
ME-20



Losa de entrepiso de 25 cm.
ME-25

LOSA MULTITUBULAR

Fuente:

MANUAL TÉCNICO

Entrepisos Pretensados (**Escosa**).

Capítulo 2.

Junio 2002 Versión 2.

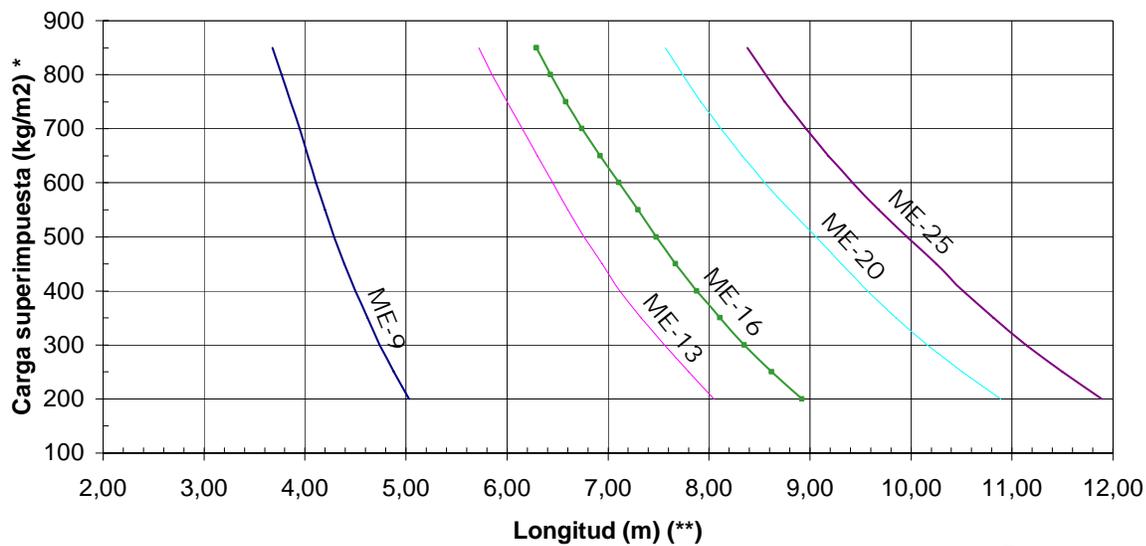
Tabla resumen longitudes admisibles según cada panel

Carga (*) Superimpuesta kg/m ²	Longitudes admisibles (m) (**)				
	ME-9	ME-13	ME-16	ME-20	ME-25
200	5,03	8,05	8,92	10,89	11,89
250	4,88	7,80	8,62	10,51	11,50
300	4,74	7,56	8,35	10,16	11,14
350	4,62	7,33	8,11	9,85	10,82
400	4,50	7,12	7,88	9,57	10,52
450	4,39	6,94	7,67	9,31	10,25
500	4,29	6,76	7,48	9,06	9,96
550	4,20	6,60	7,30	8,80	9,68
600	4,11	6,45	7,11	8,55	9,42
650	4,03	6,30	6,92	8,33	9,18
700	3,95	6,15	6,74	8,12	8,96
750	3,86	6,00	6,58	7,92	8,75
800	3,77	5,85	6,43	7,74	8,56
850	3,68	5,72	6,29	7,57	8,38

(*) Carga superimpuesta: Carga viva + (1.4/1.7) * carga permanente adicional

(**) Luz libre + apoyo

Diagrama de utilización paneles multitubulares ESCOSA considerando sobrelosa de 5 cm

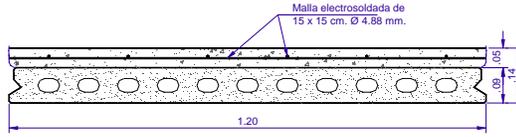


ESCOSA

Multitubular ME-9

Nomenclatura

- Peralte multitubular
- 9-10-5 → Diámetro torón (mm)
- Número torones



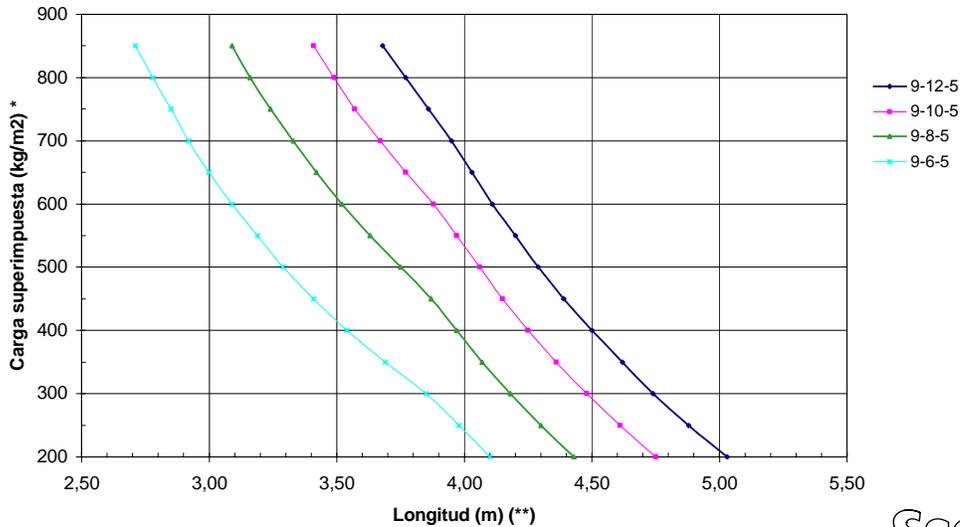
Propiedades Sección

	Simple	Compuesta
A (cm ²):	875,36	1340,12
I (cm ⁴):	7038	22970
ys (cm):	4,52	7,09
yi (cm):	4,48	6,91
Ss (cm ³):	1557	3242
Si (cm ³):	1571	3322
Peso total / m ² :	295 Kg/m ²	
Peso propio panel:	175 Kg/m ²	
Concreto en sitio:	0,050 m ³ /m ²	

Carga (*) Superimpuesta kg/m ²	Longitudes admisibles (m) (**)			
	9-12-5	9-10-5	9-8-5	9-6-5
200	5,03	4,75	4,43	4,10
250	4,88	4,61	4,30	3,98
300	4,74	4,48	4,18	3,85
350	4,62	4,36	4,07	3,69
400	4,50	4,25	3,97	3,54
450	4,39	4,15	3,87	3,41
500	4,29	4,06	3,75	3,29
550	4,20	3,97	3,63	3,19
600	4,11	3,88	3,52	3,09
650	4,03	3,77	3,42	3,00
700	3,95	3,67	3,33	2,92
750	3,86	3,57	3,24	2,85
800	3,77	3,49	3,16	2,78
850	3,68	3,41	3,09	2,71

(*) Carga superimpuesta: Carga viva + (1.4/1.7) * carga permanente adicional

(**) Luz libre + apoyo

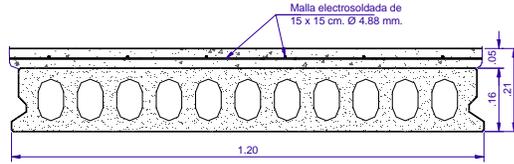


ESCOSA

Multitubular ME-16

Nomenclatura

- Peralte multitubular
- 16-10-5
- Diámetro torón (mm)
- Número torones



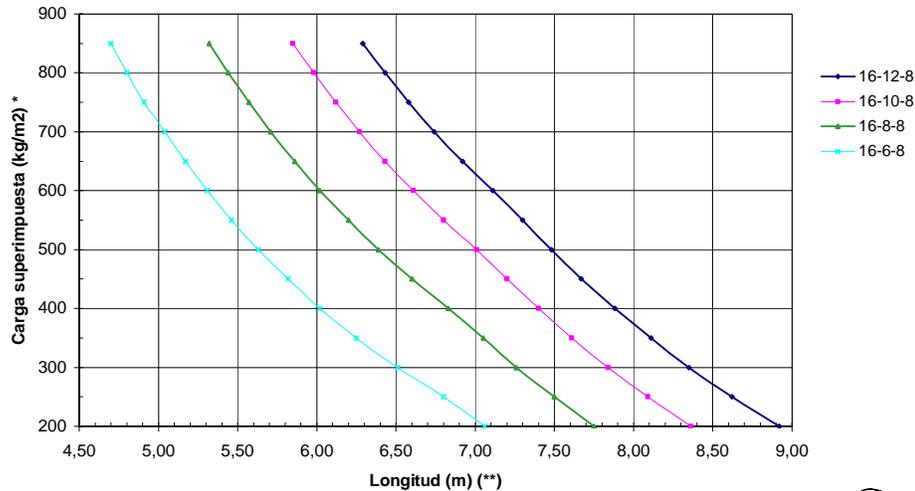
Propiedades Sección

	Simple	Compuesta
A (cm ²):	1208,55	1673,31
I (cm ⁴):	35287	73527
ys (cm):	8,04	10,11
yi (cm):	7,96	10,89
Ss (cm ³):	4390	7272
Si (cm ³):	4432	6752
Peso / m ² :	360 Kg/m ²	
Peso propio panel:	240 Kg/m ²	
Concreto en sitio:	0,050 m ³ /m ²	

Carga (*) Superimpuesta kg/m ²	Longitudes admisibles (m) (**)			
	16-12-8	16-10-8	16-8-8	16-6-8
200	8,92	8,36	7,75	7,06
250	8,62	8,09	7,50	6,80
300	8,35	7,84	7,26	6,51
350	8,11	7,61	7,05	6,25
400	7,88	7,40	6,83	6,02
450	7,67	7,20	6,60	5,82
500	7,48	7,01	6,39	5,63
550	7,30	6,80	6,20	5,46
600	7,11	6,61	6,02	5,31
650	6,92	6,43	5,86	5,17
700	6,74	6,27	5,71	5,04
750	6,58	6,12	5,57	4,91
800	6,43	5,98	5,44	4,80
850	6,29	5,85	5,32	4,70

(*) Carga superimpuesta: Carga viva + (1.4/1.7) * carga permanente adicional

(**) Luz libre + apoyo

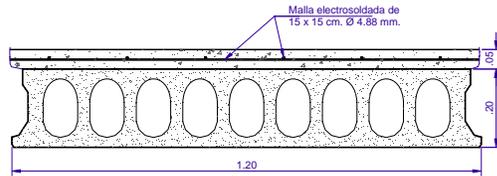


ESCOSA

Multitubular ME-20

Nomenclatura

- Peralte multitubular
- 20-10-5 → Diámetro torón (mm)
- Número torones

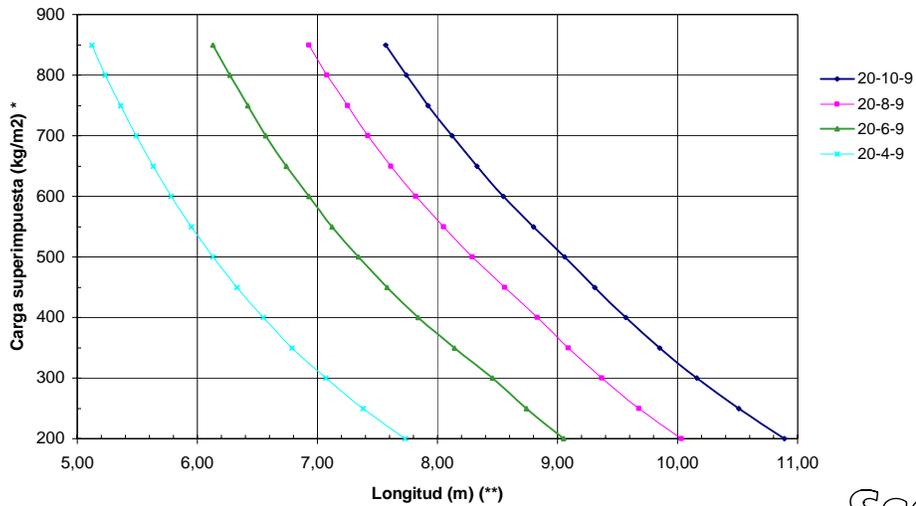


Propiedades Sección

	Simple	Compuesta
A (cm ²):	1270,21	1734,97
I (cm ⁴):	62283	116470
ys (cm):	10,01	11,66
yi (cm):	9,99	13,34
Ss (cm ³):	6224	9992
Si (cm ³):	6232	8728
Peso / m ² :	375 Kg/m ²	
Peso propio panel:	255 Kg/m ²	
Concreto en sitio:	0,050 m ³ /m ²	

Carga (*) Superimpuesta kg/m ²	Longitudes admisibles (m) (**)			
	20-10-9	20-8-9	20-6-9	20-4-9
200	10,89	10,03	9,05	7,73
250	10,51	9,68	8,74	7,38
300	10,16	9,37	8,46	7,07
350	9,85	9,09	8,14	6,79
400	9,57	8,83	7,84	6,55
450	9,31	8,56	7,58	6,33
500	9,06	8,29	7,34	6,13
550	8,80	8,05	7,12	5,95
600	8,55	7,82	6,93	5,78
650	8,33	7,61	6,74	5,63
700	8,12	7,42	6,57	5,49
750	7,92	7,25	6,42	5,36
800	7,74	7,08	6,27	5,23
850	7,57	6,93	6,13	5,12

(*) Carga superimpuesta: Carga viva + (1.4/1.7) * carga permanente adicional
 (**) Luz libre + apoyo

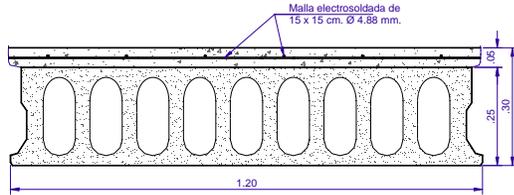


ESCOSA

Multitubular ME-25

Nomenclatura

- Peralte multitubular
- 25-10-5 → Diámetro torón (mm)
- Número torones



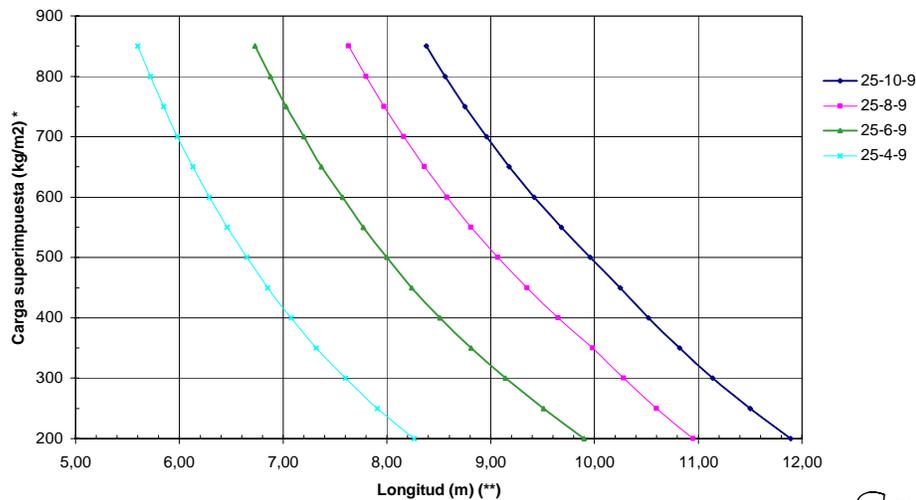
Propiedades Sección

	Simple	Compuesta
A (cm ²):	1538,36	2003,12
I (cm ⁴):	114240	194806
ys (cm):	12,43	13,97
yi (cm):	12,57	16,03
Ss (cm ³):	9188	13946
Si (cm ³):	9091	12152
Peso / m2:		430 Kg/m ²
Peso propio panel:		310 Kg/m ²
Concreto en sitio:		0,050 m ³ /m ²

Carga (**) Superimpuesta kg/m ²	Longitudes admisibles (m) (**)			
	25-10-9	25-8-9	25-6-9	25-4-9
200	11,89	10,95	9,90	8,26
250	11,50	10,60	9,51	7,91
300	11,14	10,28	9,14	7,60
350	10,82	9,98	8,81	7,32
400	10,52	9,65	8,51	7,08
450	10,25	9,35	8,24	6,85
500	9,96	9,07	8,00	6,65
550	9,68	8,81	7,77	6,46
600	9,42	8,58	7,57	6,29
650	9,18	8,36	7,37	6,13
700	8,96	8,16	7,20	5,98
750	8,75	7,97	7,03	5,85
800	8,56	7,80	6,88	5,72
850	8,38	7,63	6,73	5,60

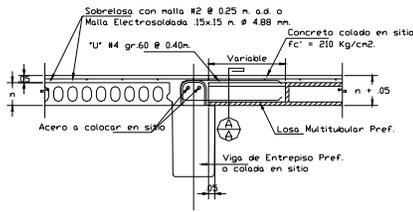
(*) Carga superimpuesta: Carga viva + (1.4/1.7) * carga permanente adicional

(**) Luz libre + apoyo

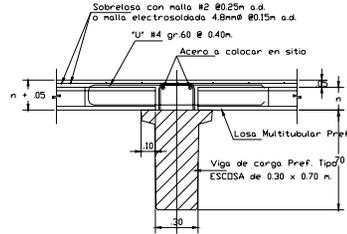


ESCOSA

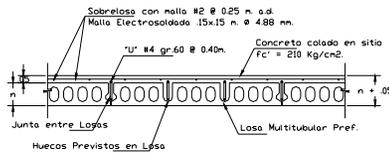
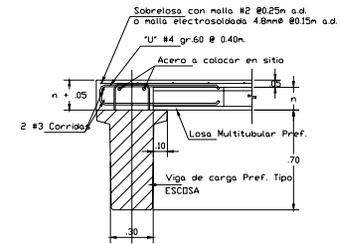
Anexo 2



Detalle Apoyo Losa Multitubular en Viga de Carga Central



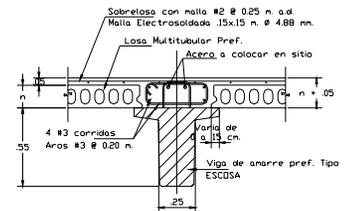
Detalle Apoyo Losa Multitubular en Viga de Carga Perimetral



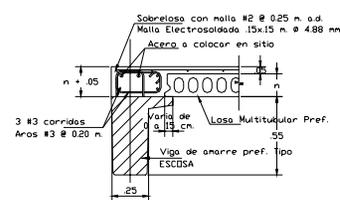
Sección A-A
Detalle de Entrepiso Típico

n = Dimensión Variable de 9, 13 y 16 cm.

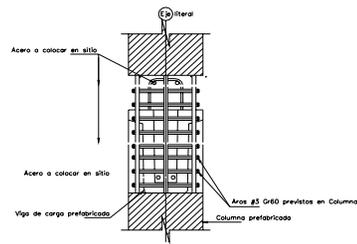
Detalle Apoyo Losa Multitubular en Viga de Amarre Central



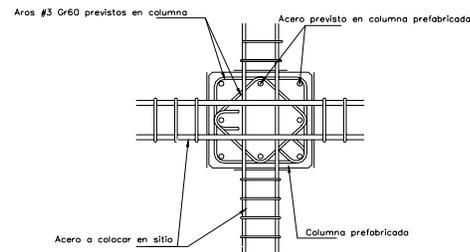
Detalle Apoyo Losa Multitubular en Viga de Amarre Perimetral



NOTA:
n = Dimensión Variable de 9, 13 y 16 cm.



Sección de Nudo Central Entrepisos.



Referencias

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica 2002 **Código Sísmico de Costa Rica** Editorial Tecnológica de Costa Rica

Webb, Jeff 191 **Using Visual Basic for Applications** Editorial QUE, USA

Peurifoy, Roberto L 1983 **“Estimación de costos de construcción”** 2ª edición México Limusa

EPÍGRAFE

Se estableció una metodología de diseño conceptual y/o preliminar como base para la estimación de costos de edificios prefabricados de concreto, y se desarrolló un sistema informático que permite la escogencia de la mejor opción posible desde el punto de costos