

54



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CARGA  
VIVAS PARA CASA HABITACIÓN EN  
EL DISTRITO FEDERAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
PRESENTA  
JOEL GUILLÉN OSORIO



DIRECTORA DE TESIS: DRA. SONIA ELDA RUIZ GOMÉZ

CIUDAD UNIVERSITARIA.  
MÉXICO, D.F.

2002

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**

**Tesis Digitales**

**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
FING/CTG/SEAC/UTIT/169/01

Señor  
**JOEL GUILLÉN OSORIO**  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso la profesora **DRA. SONIA ELDA RUIZ GÓMEZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CARGAS VIVAS MÁXIMAS EN EDIFICIOS DE CASA  
HABITACIÓN DE INTERÉS SOCIAL EN EL DISTRITO FEDERAL"**

- INTRODUCCIÓN**
- I. TIPOS DE CARGAS QUE ACTÚAN SOBRE LAS ESTRUCTURAS**
  - II. MODELO DE CARGAS VIVAS COMO PROCESOS ESTOCÁSTICOS**
  - III. ESTIMACIÓN DE CARGAS PARA CASA-HABITACIÓN**
  - IV. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CARGAS SOSTENIDAS INSTANTÁNEAS**
  - V. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN, PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA DE CARGAS NOMINALES Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS**
  - VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria 3 de Octubre de 2001.  
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRNANDO BRAVO  
GFB/GMP/mis

**Dedico este trabajo**

**A mis Padres José Trinidad Guillén Morales y Georgina Osorio Serrano**

**Por ser el soporte tanto moral como económico para hacer realidad  
mis sueños**

**Por darme ánimos para seguir siempre adelante**

**Por todos sus consejos y amor**

**A mi padre por ser el mejor ejemplo de superación y forjarme como  
hombre**

**A mi madre por su amor, entrega, dedicación y mantener a nuestra  
familia unida**

**Estoy orgulloso de tener unos padres como ustedes y de ser su hijo  
son los mejores padres del mundo**

**A mis hermanos por su compañía, su confianza y su cariño**

**Adán por ser un ejemplo para mí durante muchos años  
échale ganas**

**Alberto por que hiciste mi vida mas alegre  
después sigues tú licenciado**

**Nemesio por estar estos años a mi lado y ser mi confidente  
sigue adelante y logaras tus metas**

**Ariana por ser tan cariñosa conmigo y ser como eres  
tengo toda mi fe en ti, tu puedes**

**A mis sobrinos Azael, Michel y Montserrat  
son muy especiales para mí**

**A Susy por haber llegado en el momento justo**

**Por tu amor, apoyo y confianza**

**Por ser mi inspiración y dejarme estar a tu lado**

**TE AMO**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México**

**Por los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería, que me  
permitió realizar mi formación profesional**

**Por ser la máxima casa de estudios**

**Por ser mi alma mater**

**Agradezco**

**A mis abuelos, a mis tíos, a mis primos, a mis cuñadas  
gracias por haber confiado en mí  
por haberme animado a seguir adelante  
y por todas las ilusiones que sembraron en mí**

**A mis amigos Marco, Mayra, Rosario, Soledad, Areli  
en especial a Paco  
gracias por su amistad**

**A la Dra. Sonia Elda Ruiz Gómez por su valiosa  
Cooperación y consejos, para la realización de este trabajo**

**A mis amigos del cubículo 208 y 213**

**A Adalberto y Juan Gabriel  
por su amistad**

**A toda la gente que me alentó a seguir  
durante mi carrera y mi vida**

---

## INDICE

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introducción                                                                                                 | 1  |
| I. Tipos de cargas que actúan sobre las estructuras                                                          | 3  |
| I.1. Acciones permanentes, variables y accidentales                                                          | 3  |
| I.2. Historia de la evolución de las cargas vivas máximas en el Reglamento del Distrito Federal              | 6  |
| II. Modelo de cargas vivas como procesos estocásticos                                                        | 10 |
| II.1. Carga sostenida                                                                                        | 10 |
| II.2. Carga sostenida máxima                                                                                 | 12 |
| II.3. Carga extraordinaria                                                                                   | 12 |
| II.4. Carga extraordinaria máxima                                                                            | 14 |
| II.5. Carga total máxima                                                                                     | 15 |
| II.6. Método de simulación de Montecarlo                                                                     | 18 |
| III. Estimación de cargas para casa-habitación                                                               | 22 |
| III.1. Descripción de las plantas tipo elegidas                                                              | 22 |
| III.2. Estimación de las cargas sostenidas instantáneas                                                      | 40 |
| III.2.1. Herramientas de trabajo                                                                             | 40 |
| III.2.2. Metodología para la estimación de las cargas y tablas de datos                                      | 40 |
| III.2.3. Resultados del muestreo de cargas vivas                                                             | 46 |
| III.2.4. Área total de piso analizado                                                                        | 54 |
| IV. Análisis estadístico de cargas sostenidas instantáneas                                                   | 55 |
| IV.1. Metodología                                                                                            | 55 |
| IV.1.1. Obtención de los parámetros básicos                                                                  | 55 |
| IV.1.2. Ajuste de resultados                                                                                 | 60 |
| IV.2. Resultados del análisis estadístico                                                                    | 61 |
| IV.2.1. Resultado del análisis de cada planta tipo                                                           | 61 |
| IV.2.2. Resultado de todas las plantas tipo estudiadas                                                       | 77 |
| V. Resultados de la simulación, probabilidades de excedencia de cargas nominales y comparación de resultados | 82 |
| V.1. Datos de entrada y resultados de la simulación                                                          | 82 |
| V.2. Probabilidades de excedencia                                                                            | 87 |
| V.3. Propuesta de reducción de la carga viva máxima para casa-habitación de interés social                   | 88 |

---

---

|                                                                                                                   |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| V.4. Comparación de resultados con el reglamento vigente y con un reglamento anterior                             | 89      |
| V.5. Diferentes valores de carga para casa-habitación recomendados en reglamentos de construcción de otros países | 90      |
| V.6. Comparación del resultado con los valores obtenidos de otros reglamentos                                     | 90      |
| <br>VI. Conclusiones y recomendaciones                                                                            | <br>93  |
| <br>Apéndice 1                                                                                                    | <br>95  |
| <br>Referencias                                                                                                   | <br>102 |

---

## INTRODUCCIÓN

La determinación de las acciones que puedan afectar a una estructura ocasionándole daños considerables son de gran importancia y relevancia para el diseño estructural, por lo cual es una tarea fundamental del ingeniero civil, el hacer estas determinaciones lo mas precisas posibles, ya que de esto depende en gran parte que los diseños estructurales sean seguros y económicos.

El diseño estructural está acompañado de una gran incertidumbre, que el ingeniero debe cubrir mediante modelos matemáticos. Estos modelos describen el comportamiento de las diferentes partes de una estructura. Los investigadores estudian detalladamente dichos modelos con la finalidad de que estos se apeguen al comportamiento real de las estructuras y con esto contribuir a un diseño menos incierto.

La determinación de las solicitaciones es un paso muy importante en el diseño, ya que de esto depende en parte la elección de la estructuración y el diseño de los elementos que conforman a la estructura. En general un buen diseño debe comprender una estimación adecuada de las solicitaciones que actuarán durante su vida útil, así como verificar que los modelos que se empleen para el análisis y diseño deberán representar en lo posible el comportamiento real de las estructuras.

El presente trabajo es parte de los estudios que se llevan a cabo en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México sobre las cargas vivas máximas que actúan sobre las estructuras ubicadas en el Distrito Federal. Los estudios que se han realizado recientemente al respecto son para edificios de oficinas y escuelas. En el trabajo sobre edificios de oficinas se propone cambiar la ley de variación de cargas con el área, con respecto a lo que proponía en el Reglamento de Construcciones del Distrito federal anterior (RCDF-1976, el valor inicial de la carga se mantiene igual). Por otro lado en el estudio sobre edificios de escuelas se propone que la carga de diseño se modifique considerablemente.

El resultado de los estudios mencionados anteriormente fueron propuesto para sustituir a los valores de Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (RCDF-1993). Estos valores propuestos fueron aceptados, por el comité asesor en seguridad del Gobierno del Distrito Federal. Debido a esto dichos valores modificados son los que aparecerán en el RCDF-2002 que esta en revisión para su aprobación por la Cámara de Representantes del Distrito Federal.

El objetivo de esta tesis es analizar los valores nominales de carga viva máxima propuesto por el RCDF-1993 para casa-habitación. El RCDF-1993 especifica un valor nominal de carga viva máxima igual a  $170 \text{ kg/m}^2$  para el diseño de casa-habitación, con una ley de reducción para elementos con área tributaria mayor de  $36 \text{ m}^2$ , igual a  $100+420A^{-1/2}$  (A es el área tributaria en  $\text{m}^2$ ). Dichos valores se han basado tradicionalmente en estudios breves o en juicio de ingenieros e investigadores con amplia experiencia en diseño estructural; sin embargo, es necesario respaldar con estudios más

---

realistas los valores de las magnitudes de las cargas que se recomiendan en el reglamento.

El presente estudio se divide en seis capítulos en los cuales se plantea el procedimiento y los criterios seguidos para la realización del estudio de cargas vivas máximas para casa-habitación.

El trabajo fundamentalmente consiste de tres etapas. La primera se refiere a realizar un muestreo de las cargas vivas que existen en distintos edificios de casa-habitación. Para esto fué necesario formar un catálogo de cargas vivas, en el cual se asentaron los pesos del mobiliario que se encuentra en dichos edificios.

La segunda parte consiste en realizar un análisis estadístico con los datos antes obtenidos. Esto con la finalidad de obtener los valores medios y las variaciones de las cargas instantáneas medidas en campo. Estos valores son necesarios para la siguiente parte del análisis.

En la tercera parte se alimenta el modelo de simulación de Montecarlo y se obtienen valores de cargas vivas máximas para diferentes áreas de influencia, en un tiempo dado de periodo de recurrencia. Después se obtienen las probabilidades de excedencia de ciertos valores nominales y se compara el resultado con el valor de cargas vivas máximas de diseño que se proponen en reglamentos de otros países.

Con lo hecho anteriormente se propone modificar el valor de la carga viva máxima y la ecuación de reducción de esta en función del área, para valores de área mayores a  $36 \text{ m}^2$ , en futuras versiones de nuestro reglamento de diseño.

## CAPÍTULO 1

### TIPOS DE CARGAS QUE ACTÚAN SOBRE LAS ESTRUCTURAS

Una de las tareas más importantes del Ingeniero Civil para realizar un proyecto estructural es determinar de la manera más real posible el valor de las cargas que soportará la estructura durante su vida útil, así como su posición y las combinaciones más desfavorables que de acuerdo a los reglamentos puedan presentarse. Desde el punto de vista de seguridad estructural, las acciones sobre las estructuras se clasifican de acuerdo a la duración con que obran sobre ellas con su intensidad máxima. El Reglamento de Construcciones del Distrito Federal vigente (RCDF-93) considera tres categorías de acciones:

1. Acciones permanentes
2. Acciones variables
3. Acciones accidentales

#### 1.1 Acciones permanentes, variables y accidentales

##### Acciones permanentes

Son aquellas cuya magnitud y posición permanecen prácticamente constantes durante la vida útil de la estructura. Dentro de estas se consideran como acciones permanentes las siguientes:

- Carga muerta. Dentro de esta se considera al peso propio incluyendo instalaciones y el equipo que ocupe una posición permanente en la construcción. En la figura 1.1.1 se representa esquemáticamente su variación con el tiempo.
- Cargas debidas a el empuje estático de tierras y líquidos, como en los muros de contención, túneles, sótanos de edificios y tanques de almacenamiento que pueden contener líquidos o granos.
- Cargas debidas a deformaciones y desplazamientos impuestos a la estructura, como efectos de pre-esfuerzo y a movimientos diferenciales permanentes de los apoyos.

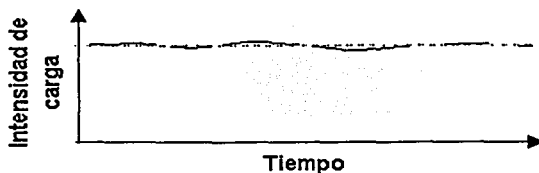


Figura 1.1.1

## Acciones variables

Son la que obran sobre las estructuras con una intensidad que varía en magnitud y posición significativamente con el tiempo y que no tienen carácter permanente. Las acciones consideradas dentro de esta categoría son:

- La carga viva. En la figura 1.1.2 se representa esquemáticamente su variación con el tiempo
- Los efectos de temperatura
- Las deformaciones impuestas y los hundimientos diferenciales que tengan una intensidad variable con el tiempo.
- Acciones debidas al funcionamiento de maquinaria y equipo, incluyendo los efectos dinámicos que pueden presentarse debido a vibraciones, impacto o frenaje.

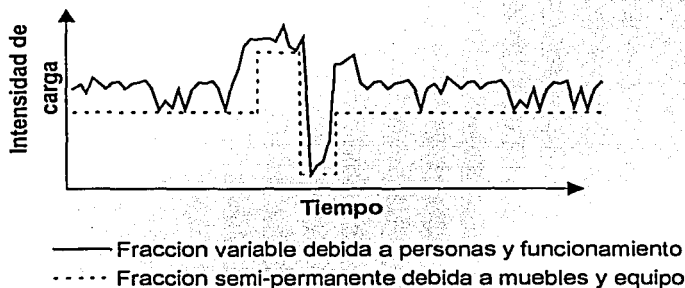


Figura 1.1.2

El Reglamento de Construcciones del Distrito Federal vigente define las **cargas vivas** como las fuerzas que se producen por el uso y ocupación de las edificaciones y que no tienen carácter de permanentes. Para la aplicación de las cargas vivas recomienda utilizar valores de cargas vivas para diferentes usos de estructuras, para cada uno de los usos recomienda tres valores de cargas vivas: máxima, instantánea y media las cuales se describen a continuación:

- I. La carga viva máxima se deberá emplear para diseño estructural por fuerzas gravitacionales y para calcular asentamientos inmediatos en suelos, así como en el diseño estructural de los cimientos ante cargas gravitacionales.
- II. La carga instantánea se deberá usar para diseño sísmico y por viento y cuando se revise distribuciones de carga más desfavorables que la uniformemente repartida sobre toda el área.

III. La carga media se deberá emplear en el cálculo de asentamientos diferidos y para el cálculo de flechas diferidas.

Además recomienda que cuando el efecto de la carga viva sea favorable para la estabilidad de la estructura, como en el caso de problemas de flotación, volteo y de succión por viento, su intensidad se considerara nula, a menos que pueda justificarse otro valor acorde a la definición del artículo 187 del RCDF-93.

En este estudio se analizará únicamente el valor de la carga viva máxima probable durante la vida útil de estructuras destinadas a **edificios de casa habitación de interés social localizadas en el Distrito Federal.**

Para este caso los valores nominales de las cargas vivas especificados en el RCDF-93 son los siguientes:

|                   |                        |
|-------------------|------------------------|
| Carga media       | 170 kg/cm <sup>2</sup> |
| Carga instantánea | 90 kg/cm <sup>2</sup>  |
| Carga máxima (W)  | 70 kg/cm <sup>2</sup>  |

Para elementos con área tributaria mayor de 36m<sup>2</sup>, la carga máxima (W) podrá reducirse, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$W = 100 + \frac{420}{\sqrt{A_T}}$$

donde :

$A_T$  es el área tributaria (m<sup>2</sup>)

En el artículo 119 del RCDF-93 se presenta la tabla de cargas vivas para los distintos usos de estructuras.

#### Acciones accidentales

Las acciones accidentales son las que no se deben al funcionamiento normal de las estructuras y pueden alcanzar intensidades significativas durante lapsos de tiempo cortos. Las acciones consideradas dentro de esta categoría son:

- Las acciones sísmicas
- Los efectos de viento
- Los efectos de explosión, incendios y otros fenómenos que pueden presentarse en casos extraordinarios.

En la figura 1.1.3 se ilustra con un esquema cómo actúan las acciones accidentales.

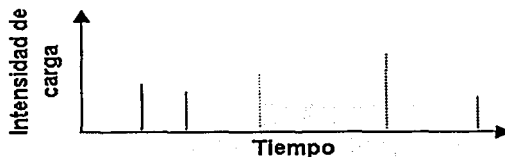


Figura 1.1.3

## 1.2. Historia de la evolución que han tenido los valores de las cargas vivas máximas en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal

Los Reglamentos de Construcciones del Distrito Federal (que son revisados y aprobados por la Asamblea de Representantes) han evolucionado conforme han avanzado los conocimientos técnicos. Entre estas evoluciones se encuentran los referentes a las cargas vivas.

Solo se hará el recuento de los valores de las cargas vivas para habitación, ya que este estudio se refiere a estos.

Los reglamentos que se abordarán en esta revisión son:

- El RCDF-1976.
- El RCDF-1993.
- El RCDF-2001.

### Valor de las cargas según el RCDF-76

En el se tratan las cargas vivas en el Título Cuarto: Requisitos de Seguridad y Servicios para las Estructuras, Capítulo XXXVI. El cual define a las cargas vivas como las fuerzas gravitacionales que obran en una construcción y que no tienen carácter permanente (Art. 225).

Los tipos de carga que maneja dicha revisión del reglamento son la carga viva máxima (W) , la carga instantánea y la carga media. Los valores de la cargas vivas para casa habitación son las siguientes según la tabla de cargas vivas unitarias de diseño del artículo 227:

| Destino del piso o cubierta                                                                                                                                                                                    | Carga media (kg/m <sup>2</sup> ) | Carga instantánea (kg/m <sup>2</sup> ) | Carga máxima (W) (kg/m <sup>2</sup> ) | Observaciones |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|---------------|
| Habitación (casa-habitación, apartamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, internados de escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares), oficinas, despachos y laboratorios. | 70                               | 90                                     | 120+420A <sup>-1/2</sup>              | (1)           |

#### Observaciones

(1) Por lo menos en una estancia o sala-comedor de las que contribuyen a la carga de una viga, columna u otro elemento estructural de una casa habitación, edificio de apartamentos o similar, debe considerarse para su diseño estructural  $W = 250 \text{ kg/cm}^2$  y en las demás según corresponda el área tributaria (A) en cuestión

#### Valor de las cargas según el RCDF-93

En el las cargas vivas se tratan en el Título Sexto: Seguridad Estructural de las Construcciones, Capítulo V. Este define las cargas vivas como las fuerzas que se producen por el uso y ocupación de las edificaciones y que no tienen carácter permanente.

Los tipos de carga que manejan son: la carga viva máxima (W), la carga viva instantánea y la carga viva media. Los valores de carga viva para casa habitación son, según la tabla de cargas vivas unitarias del Art. 199, las siguientes:

| Destino del piso o cubierta                                                                                                                                              | Carga media (kg/m <sup>2</sup> ) | Carga instantánea (kg/m <sup>2</sup> ) | Carga Máxima (W) (kg/m <sup>2</sup> ) | Observaciones |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|---------------|
| Habitación (casa-habitación, departamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel internados de escuelas, cuarteles, cárceles correccionales, hospitales y similares) | 70                               | 90                                     | 170                                   | (1)           |

### Observaciones

(1) Para elementos con área tributaria mayor que  $36 \text{ m}^2$ , W podrá reducirse tomándola igual a  $100+420A^{-1/2}$  (A es el área tributaria en  $\text{m}^2$ ). Cuando sea más desfavorable se considerará en lugar de W, una carga de 500 Kg aplicada sobre un área de  $50 \times 50 \text{ cm}$  en la posición más crítica. Para sistemas de piso ligeros con cubierta rigidizante, se considerará en lugar de W, cuando sea más desfavorable, una carga concentrada de 250 kg para el diseño de los elementos de soporte y de 100 kg para el diseño de la cubierta, en ambos casos ubicada en la posición más desfavorable. Se considerarán sistemas de piso ligero aquellos formados por tres o más miembros aproximadamente paralelos y separados entre sí no más de 80 cm y unidos con una cubierta de madera contrachapada, de duelas de madera bien clavadas u otro material que proporcione una rigidez equivalente.

En este reglamento dentro de la tabla de cargas vivas, no se considera dentro del mismo destino de piso o cubierta de habitación, a las oficinas, despachos y laboratorios, como en el reglamento anterior.

### Valor de las cargas según el RCDF-2001

En él las cargas vivas se tratan en las Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones, Capítulo siete, sobre Cargas Variables. Este se encuentra en revisión para ser aprobado por la Asamblea de Representantes del Distrito Federal. Define a las cargas vivas como las fuerzas que se producen por el uso y ocupación de las edificaciones y que no tienen carácter permanente.

Los tipos de carga que manejan en el RCDF-2001 son: la carga viva máxima (W), la carga viva Instantánea y la carga Viva Media. Los valores de carga viva para habitación son las siguientes según la tabla de cargas vivas unitarias de las NTC correspondientes:

| Destino del piso o cubierta                                                                                                                                            | Carga media ( $\text{kg/m}^2$ ) | Carga instantánea ( $\text{kg/m}^2$ ) | Carga máxima (W) ( $\text{kg/m}^2$ ) | Observaciones |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Habitación (casa-habitación, departamentos, viviendas, dormitorio cuartos de hotel internados de escuelas, cuarteles, cárceles correccionales, hospitales y similares) | 70                              | 90                                    | 170                                  | (1)           |

### Observaciones

(1) Para elementos con área tributaria mayor que  $36 \text{ m}^2$ , W podrá reducirse tomándola igual a  $100+420A^{-1/2}$  (A es el área tributaria en  $\text{m}^2$ ). Cuando sea más desfavorable se considerará en lugar de W, una carga de 500 Kg aplicada sobre un área de  $50 \times 50 \text{ cm}$  en la posición más crítica. Para sistemas de piso ligeros con cubierta rigidizante, se considerará en lugar de W, cuando sea más desfavorable, una carga concentrada de

250 kg para el diseño de los elementos de soporte, y de 100 kg para el diseño de la cubierta, en ambos casos ubicada en la posición más desfavorable. Se considerarán sistemas de piso ligero aquellos formados por tres o más miembros aproximadamente paralelos y separados entre sí no más de 80 cm y unidos con una cubierta de madera contrachapada, de duelas de madera bien clavadas u otro material que proporcione una rigidez equivalente.

Se observa que esta parte del reglamento no sufrió ninguna modificación con respecto al RCDF-93.

En la figura 1.2.1.1 se ejemplifican las modificaciones hechas en los tres reglamentos antes tratados.

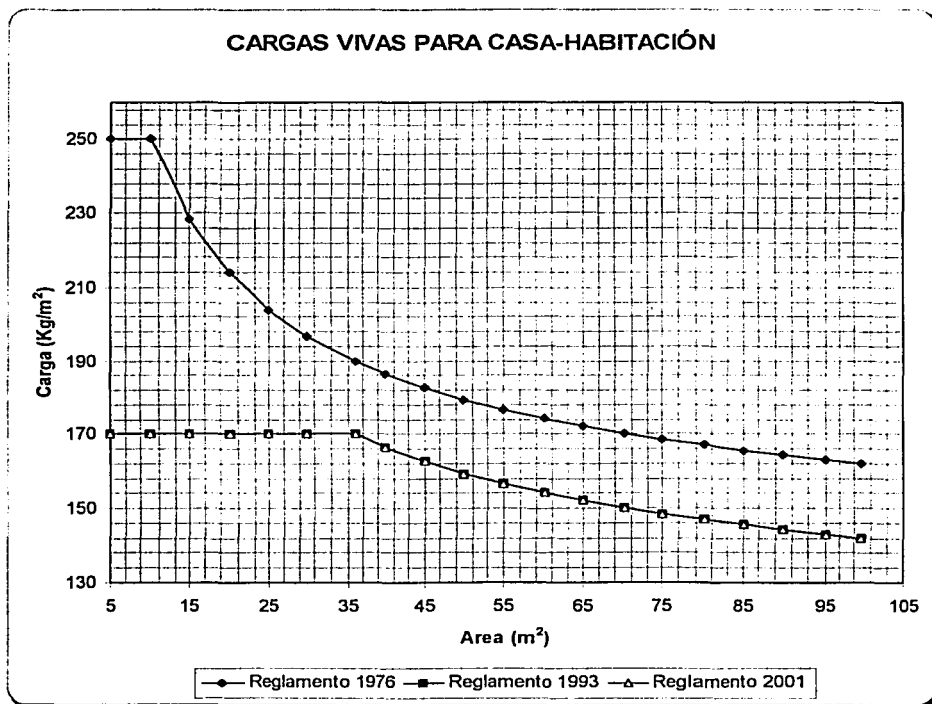


Figura 1.2.1.1

---

## CAPÍTULO 2

### MODELO DE CARGAS VIVAS COMO PROCESOS ESTOCÁSTICOS

Antes de empezar en forma este capítulo primeramente se define lo que es un proceso estocástico. Estocástico es sinónimo de aleatorio, un proceso estocástico es un procedimiento que se desarrolla en el tiempo a través del cual se pasa por fluctuaciones al azar. Se puede describir un procedimiento definiendo una familia de variables aleatorias,  $\{X_t\}$ , donde  $X_t$  mide, en el instante  $t$ , el aspecto del procedimiento en estudio. Los valores que puede tomar  $X_t$  son llamados estados y los cambios en el valor  $X_t$  reciben el nombre de transiciones entre los estados. Los modelos estocásticos son aplicables a cualquier procedimiento en el que exista variabilidad al azar en el transcurso del tiempo.

Por procesos estocásticos se entiende una familia de variables aleatorias  $\{X_t\}$ , donde  $t$  es un punto en un espacio  $T$ , llamado espacio parametral, y donde para cada  $t$  existe  $T$ ,  $X_t$  es un punto en un espacio  $S$ , llamado espacio de estados. La familia  $\{X_t\}$  podría ser la trayectoria de una partícula que se mueve al azar en un espacio  $S$ , siendo  $X_t$  su posición en el instante  $t$ . Un registro de estas trayectorias se conoce como realización del proceso.

Mediante la teoría de probabilidades se pueden determinar relaciones entre las  $X_t$  para diferentes valores fijos de  $t$ .

Una estructura durante su vida útil se ve sometida a variaciones estocásticas de la carga viva. La magnitud y duración de las cargas no se pueden conocer en forma exacta, ya que son variables en el tiempo, sin embargo estas variaciones se pueden representar mediante modelos matemáticos que representan el comportamiento aleatorio de dichas cargas.

Para representar las cargas vivas en este trabajo se considera que la carga viva total que actúa sobre un área de piso está compuesta por cargas sostenidas y por cargas extraordinarias.

#### 2.1. Carga Sostenida

Las cargas sostenidas para el caso de los edificios de casa-habitación de interés social incluyen las debidas al mobiliario (mesas, comedores, recamaras, salas, libros, etc.) y a las personas que habitan el departamento. Su intensidad se considera constante durante cierto intervalo de tiempo hasta que ocurre un cambio de ocupancia o en este caso un cambio de quien habita la casa-habitación. En esta tesis se supone que estos cambios siguen un proceso estocástico de Poisson. La variación de las cargas se pueden observar en la figura 2.1.1.1. Por otro lado Pier (ref. 8) encontró que la magnitud de las cargas vivas puede ser representada por una función de distribución de probabilidades tipo Gamma.

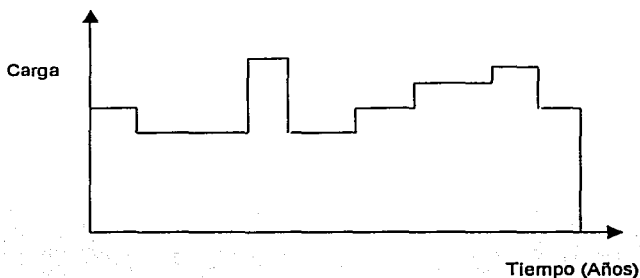


Figura 2.1.1.1

Los modelos de cargas vivas consideran que la intensidad de las cargas que se presentan en las estructuras actúan en forma estocástica en un área de piso. Ellinwood y Culver en 1977 (ref.5) estudiaron el comportamiento de cargas vivas sostenidas y llegaron a las siguientes conclusiones:

Los valores medios de la carga son independientes del área de piso  $A$ ,

$$E(u) = m_u$$

sin embargo la varianza si depende del área de piso  $A$ ,

$$\text{Var}(u) = \sigma_u^2 + \frac{\sigma_x^2}{A}$$

donde

$u$  es la carga sostenida uniformemente repartida sobre el área de piso

$m_u$  es la media de la carga viva de servicio

$\sigma_u^2$  es la varianza de la carga viva de servicio, está en función de un área

$\sigma_x^2$  es una constante experimental que resulta de un ajuste razonable de datos de las cargas en pequeñas áreas de servicio

Los valores de  $m_u$ ,  $\sigma_u^2$  y  $\sigma_x^2$  se determinan experimentalmente a partir de datos de cargas vivas de servicio.

Si la carga real sostenida no es uniforme sobre un área de piso, las ecuaciones antes descritas se modifican como siguen:

$$E(L) = m_u = m_L$$
$$\text{Var}(L) = \sigma_u^2 + \frac{k\sigma_x^2}{A}$$

donde:

$L$  es la carga real sostenida, la cual no esta uniformemente repartida sobre el área de piso.

$k$  está en función de una superficie particular de influencia.

Ellinwood y Culver (ref. 5) en 1977 sugirieron un valor de  $k = 2.2$ , el cual se considera suficientemente exacto para diseño. Este el valor que se emplea en este estudio.

## 2.2. Carga sostenida máxima

Las cargas sostenidas se considera que permanecen constantes durante ciertos periodos de tiempo hasta que hay un nuevo intervalo de ocupación, se supone que estos cambios siguen un proceso de Poisson, por lo que el tiempo entre cambios de cargas sostenidas, puede modelarse mediante una función de distribución de probabilidades exponencial. Además McGuire y Cornell (ref. 6) hacen ver que los valores máximos de las cargas sostenidas se pueden modelar entonces mediante una función de distribución de probabilidades Externas Tipo I.

## 2.3. Carga extraordinaria

En las casa-habitación como en los demás usos de piso, existen acontecimientos que provocan una sobrecarga, estos se representan por las cargas extraordinarias cuya magnitud puede alcanzar cargas muy altas, pero su duración es pequeña comparada con la de las cargas sostenidas, por lo que se considera que dichas cargas ocurren en un corto tiempo. La variación de las cargas extraordinarias se puede observar esquemáticamente en la figura 2.3.1.1.

Este tipo de cargas se presentan en los departamentos de casa-habitación cuando los departamentos cambian de propietario, en alguna remodelación del departamento, o en alguna reunión familiar (fiesta) en donde se concentra un gran número de personas en una pequeña área.

La ocurrencia de las cargas vivas extraordinarias sigue un proceso de Poisson. Durante cada evento la gente se reúne en grupos en áreas pequeñas.

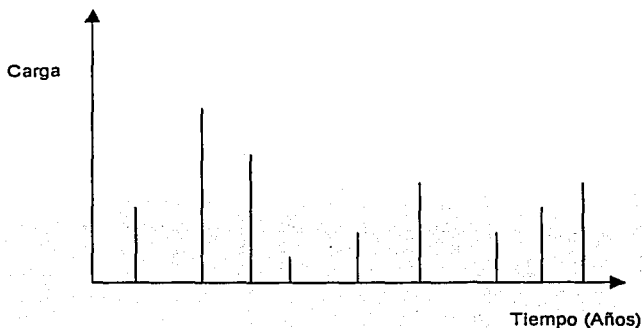


Figura 2.3.1.1

Este modelo fue adoptado por McGuire y Cornell (1974), y por Ellinwood y Culver (1977). En la ref. 5 se propone el siguiente modelo de cargas extraordinarias, que es el que se emplea en este estudio. La media y la varianza de un evento simple extraordinario E, se expresan por las siguientes ecuaciones:

$$E(E) = \frac{m_R m_W \bar{\lambda}}{A_1}$$

$$\text{Var}(E) = \frac{\bar{\lambda} k (m_R \sigma_W^2 + m_W^2 \sigma_R^2 + m_W^2 m_R^2)}{A_1^2}$$

$$\bar{\lambda} = \left( \frac{A_1 - 155}{6.3} \right)^{1/2}$$

donde:

E representa las cargas extraordinarias

$\bar{\lambda}$  es el promedio de celdas cargadas en un área

k es un valor que considera que la carga real no está uniformemente distribuida, su valor se supone igual a 2.2

$m$  es la media

$\sigma$  es la desviación estándar

$A_i$  es el área de influencia

$W$  es un subíndice que se refiere al peso de una persona

$R$  es el número de personas en un grupo

En el presente estudio se consideran los siguientes valores, por considerarlos adecuados

$m_w = 68.04 \text{ Kg.}$

$\sigma_w = 11.34 \text{ Kg.}$

$m_R = 4 \text{ personas}$

$\sigma_R = 2 \text{ personas}$

#### 2.4. Carga extraordinaria máxima

Se supone que la magnitud de las cargas extraordinarias puede representarse por una función tipo Gamma. Al igual que las carga sostenida máxima los valores máximos de las cargas extraordinarias pueden representarse mediante una función de distribución Extrema Tipo I.

Yi-Kwei Wen (ref. 13) desarrolló en 1977, una aproximación para obtener la media y la desviación estándar de las cargas extraordinarias máximas, suponiendo que estas están asociadas a una función tipo Gamma. Las expresiones que propuso este autor son las siguientes:

$$\mu_{x_m} = \mu_x + p\sigma_x$$

$$p = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln N + 0.5772 \frac{1 + \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln N \frac{\sigma_x}{\mu_x}}{2 \frac{\sigma_x}{\mu_x} + \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln N}$$

$$\sigma_{x_m} = \frac{\pi}{\sqrt{6}} \sigma_x C_2$$

$$C_2 = \frac{1 + \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln N \frac{\sigma_x}{\mu_x}}{2 \frac{\sigma_x}{\mu_x} + \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln N}$$

donde:

$\mu_x$  es la media de la intensidad de la carga de un evento extraordinario

$\sigma_x$  es la desviación estándar de la intensidad de la carga de un evento extraordinario

Posteriormente, Yi-Kwei Wen (ref. 14) en 1979 propuso otra expresión para evaluar  $p$  y con esta se obtienen mejores resultados. Esta es la siguiente:

$$p = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln N \left( 1 + 0.1 \left( \frac{\sigma_x}{\mu_x} \right)^3 \right)$$

## 2.5 Carga Total Máxima

Como anteriormente se dijo la carga total máxima que actúa en una determinada área se supone formada por una carga sostenida más una carga extraordinaria. Esto se ilustra en la figura 2.5.1.1.

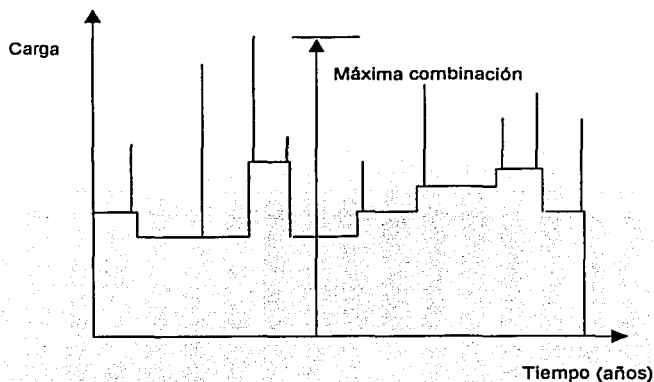


Figura 2.5.1.1

Según Chalk y Corotis (ref. 9) se pueden presentar los siguientes tres casos referentes a la máxima carga viva ocasionada por la combinación de las cargas sostenidas y las extraordinarias, durante la vida útil de la estructura.

El primer caso es la suma de la carga extraordinaria asociada que ocurre durante la carga máxima sostenida ( $W_{es}$ ), más la máxima carga sostenida ( $W_s$ ) que se presenta durante la vida útil de la estructura (ver figura 2.5.1.2).

El segundo caso es la suma de la carga sostenida asociada a la máxima carga extraordinaria ( $W_{se}$ ), más la máxima carga extraordinaria ( $W_e$ ) que se presenta durante la vida útil de la estructura (ver la figura 2.5.1.3)

El tercer caso es muy poco probable que ocurra (según Pier y Cornell, 1980), es la suma de la carga máxima extraordinaria durante la vida útil de la estructura ( $W_e$ ) más la carga sostenida máxima ( $W_s$ ). Esto se representa en la figura 2.5.1.4

$W_s$  es la carga sostenida máxima durante la vida útil de la estructura

$W_{es}$  es la carga extraordinaria asociada a  $W_s$

$W_e$  es la máxima carga extraordinaria que se presenta durante la vida útil de la estructura

$W_{se}$  es la carga sostenida asociada a  $W_e$

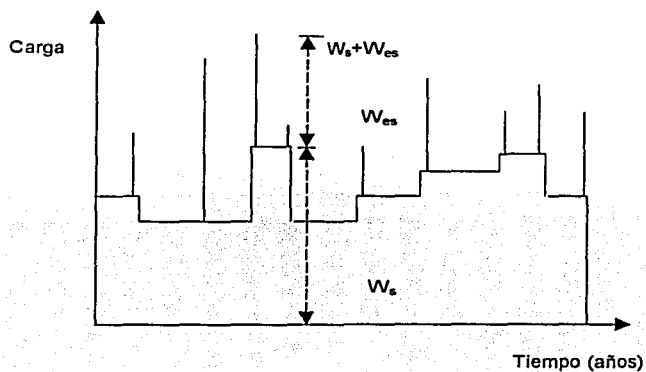


Figura 2.5.1.2

Segundo caso

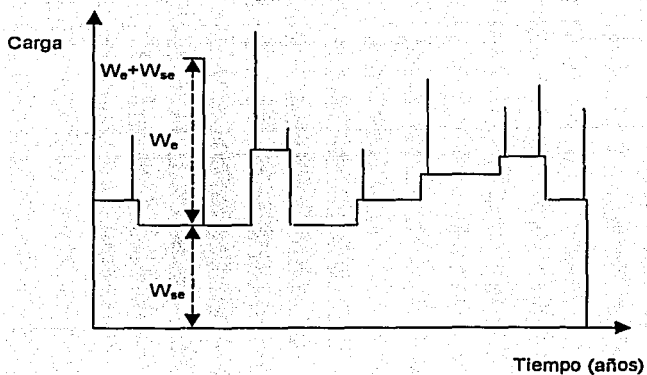


Figura 2.5.1.3

### Tercer caso

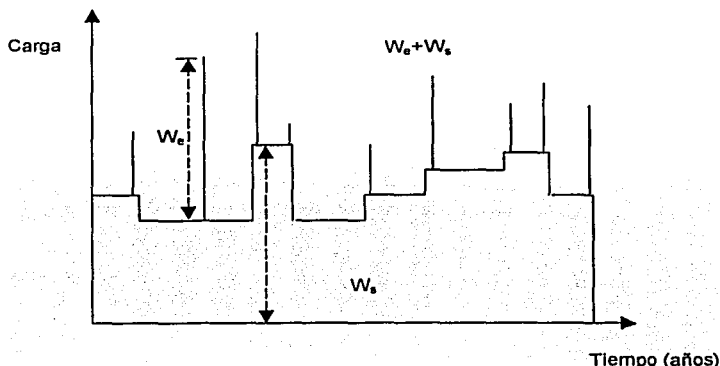


Figura 2.5.1.4

Un modelo de carga total máxima debe de considerar estos tres casos para representar la variación de los distintos tipos de cargas. En el modelo de simulación que se maneja en este trabajo, se sigue otro procedimiento que implícitamente considera los tres casos anteriores de combinación de la carga sostenida con la carga extraordinaria. El método de simulación de Montecarlo es el que se emplea en este trabajo..

### 2.6. Método de Simulación de Montecarlo

En el método de Montecarlo se pueden generar números aleatorios que permiten resolver problemas matemáticos mediante simulaciones de variables aleatorias que sigan el comportamiento de cierta función de distribución de probabilidades. Este método es de gran aplicabilidad, ya que permite resolver o simular cualquier proceso que dependa de factores aleatorios.

En la aplicación del Método de Montecarlo es necesario elaborar un programa para realizar una prueba aleatoria, que se repetirá  $N$  veces, de manera que cada una de las pruebas sea independiente de las otras. Este método genera variables aleatorias a partir de una función de distribución de probabilidades al mismo tiempo que permite simularlas. En este trabajo se simula el efecto de las cargas extraordinarias a través de una función de distribución Extrema tipo 1 y las formulas de Wen (1977) y mediante una función de distribución Gamma se simula la intensidad la intensidad de las cargas sostenidas.

A continuación se describe el método de simulación de Montecarlo que se utiliza en este trabajo. Las simulaciones se realizan mediante un programa de cómputo desarrollado en lenguaje FORTRAN por Soriano y Ruiz (ref. 1), (ver Apéndice 1).

El programa de simulación requiere de datos dados por las siguientes expresiones:

- media de las cargas sostenidas

$$E(L) = m_u = m_L$$

- varianza de las cargas sostenidas

$$\text{Var}(L) = \sigma_u^2 + \frac{k\sigma_z^2}{A}$$

- media de las cargas extraordinarias

$$E(E) = \frac{m_R m_W \bar{\lambda}}{A_i}$$

$$\bar{\lambda} = \left( \frac{A_i - 155}{6.3} \right)^{1/2}$$

- varianza de las cargas extraordinarias

$$\text{Var}(E) = \frac{\bar{\lambda} k (m_R \sigma_W^2 + m_W^2 \sigma_R^2 + m_W^2 m_R^2)}{A_i^2}$$

$$\bar{\lambda} = \left( \frac{A_i - 155}{6.3} \right)^{1/2}$$

El programa de cómputo utiliza modelo de Montecarlo. Dicho programa consiste de los siguientes pasos:

#### 1.- Generación de los intervalos de tiempo entre cambios de la carga sostenida

Se supone que los cambios de ocupación en una casa-habitación obedecen a un proceso de Poisson. La ocurrencia de cada evento es independiente de los demás y solo se puede presentar un evento en un determinado tiempo.

Los intervalos de duración de las cargas sostenidas se generan aplicando el método Montecarlo a una función de distribución de probabilidades exponencial. Generando intervalos de tiempo  $t_i$  dentro del intervalo de tiempo de vida útil (se adoptó un periodo de retorno  $T_R = 50$  años para casa-habitación), considerando un índice de cambios de

ocupación de cargas sostenidas  $V_s = 0.2$ , lo que indica un tiempo promedio de cambio de cada 5 años.

## 2.- Generación de la magnitud de la carga sostenida instantánea.

Con la media y la desviación estándar que se obtienen de un muestreo de cargas y mediante las ecuaciones siguientes:

$$M(x) = \frac{k}{\lambda}$$

$$V(x) = \frac{k}{\lambda^2}$$

al despejar los parámetros  $k$  y  $\lambda$  de las ecuaciones anteriores se obtienen sus valores numéricos que se requieren en la función de distribución Gamma. Aplicando el método de Montecarlo a la función Gamma y con los parámetros calculados, se generan aleatoriamente la magnitud de las cargas sostenidas instantáneamente.

## 3.- Generación de la carga máxima extraordinaria

Mediante las ecuaciones siguientes:

$$E(E) = \frac{m_w m_R \bar{\lambda}}{A_1}$$

$$\bar{\lambda} = \left( \frac{A_1 - 155}{6.3} \right)^{1/2}$$

se obtiene la media y la desviación de un evento simple extraordinario para el área que se esté simulando. Con estos valores y con las ecuaciones siguientes:

$$\mu_{x_m} = \mu_x + p\sigma_x$$

$$p = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln \left( 1 + 0.1 \left( \frac{\sigma_x}{\mu_x} \right)^3 \right)$$

$$\sigma_{x_m} = \frac{\pi}{\sqrt{6}} \sigma_x C_2$$

$$C_2 = \frac{1 + \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln N \frac{\sigma_x}{\mu_x}}{2 \frac{\sigma_x}{\mu_x} + \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln N}$$

se obtienen la media y la desviación estándar de las cargas extraordinarias máximas. Con la media y la desviación estándar obtenida con las ecuaciones anteriores, y mediante las ecuaciones que a continuación se presentan:

$$M(y) = \mu + \frac{y}{\alpha} \approx \mu + \frac{0.577}{\alpha}$$

$$D(y) = \frac{\pi}{\sqrt{6}\alpha} \approx \frac{1.282}{\alpha}$$

se obtienen los parámetros  $\alpha$  y  $\mu$  de la función de distribución Extrema Tipo 1. La cual tiene a la siguiente expresión como ecuación:

$$f_y(y) = \alpha e^{-\alpha(y-\mu)} \cdot e^{-e^{-\alpha(y-\mu)}}$$

Después se obtienen valores aleatorios con el Método de Montecarlo mediante la función de distribución de probabilidades Extrema Tipo I. Con los parámetros previamente determinados  $\alpha$  y  $\mu$ , se genera de manera aleatoria la intensidad de la máxima carga extraordinaria para cada intervalo de duración de las cargas sostenidas.

4.- En esta parte se elige la combinación más desfavorable de la carga total que es la carga sostenida más la carga extraordinaria y se guardan los valores asociados a esta (carga sostenida, carga extraordinaria y carga total).

5.- Se repiten los pasos anteriores un número N de veces. Donde N es el número de simulaciones que se desean realizar, en este trabajo se realizaron varios tanteos y se llegó a la conclusión que  $N = 500$  daba resultados razonables.

6.- Se obtienen los valores medios y desviaciones estándar de las cargas sostenidas, extraordinarias y totales máximas obtenidas en cada ciclo de la simulación (paso 4).

7.- Se realizan los pasos 1 a 6 para diferentes valores del área de influencia.

---

## CAPITULO 3

### ESTIMACIÓN DE CARGAS PARA CASA-HABITACIÓN

En este capítulo se describen las características de las plantas tipo elegidas, así como la forma en que se estimó la carga viva para las plantas tipo de los edificios seleccionados de casa-habitación de interés social en el Distrito Federal. Para la estimación de las cargas en las diferentes plantas tipo se seleccionaron quince edificios del Instituto del Fondo Nacional para la Vivienda de los Trabajadores (INFONAVIT) (ref. 18).

#### 3.1. Descripción de las plantas tipo elegidas

Como se menciona anteriormente son 15 las planta tipo estudiadas, estas se obtuvieron de los siguientes edificios.

- Multifamiliar Tarasco
- Multifamiliar Tolteca
- Multifamiliar Mixteco
- Multifamiliar Uruapan
- Multifamiliar Actopan
- Multifamiliar Cuitzeo
- Multifamiliar Yuriria
- Multifamiliar El Pipila
- Multifamiliar Carpio
- Multifamiliar Tres Guerras
- Multifamiliar Dolores
- Multifamiliar Chapultepec
- Multifamiliar Acatempa
- Multifamiliar Churubusco
- Multifamiliar Escobedo

A continuación se hará una breve descripción de cada una de las plantas tipo estudiadas.

##### Multifamiliar Tarasco (Fig. 3.1.1.1)

Esta planta tipo esta constituida por las plantas de dos departamentos, los cuales constan de estancia, comedor, cocina, baño completo, patio de servicio y dos recamaras. Los departamentos tienen 52.95 m<sup>2</sup> de superficie, por lo que su planta tipo es de 105.9 m<sup>2</sup>. La planta tipo se dividió en 12 áreas básicas.

##### Multifamiliar Tolteca (Fig. 3.1.1.2)

Esta planta tipo esta constituida por las plantas de cuatro departamentos, los cuales constan de estancia, comedor, cocineta, patio de servicio, baño completo y dos

---

recamaras. Los departamentos tienen  $57.17 \text{ m}^2$  de superficie, por lo que su planta tipo es de  $228.68 \text{ m}^2$ . La planta tipo se dividió en 32 áreas básicas.

#### Multifamiliar Mixteco (Fig. 3.1.1.3)

Esta planta tipo esta constituida por las plantas de dos departamentos, los cuales constan de estancia, comedor, alcoba, cocina, patio de servicio, baño completo y dos recamaras. Los departamentos tienen  $60.49 \text{ m}^2$  de superficie, por lo que su planta tipo es de  $120.98 \text{ m}^2$ . La planta tipo se dividió en 12 áreas básicas.

#### Multifamiliar Uruapan (Fig. 3.1.1.4)

Esta planta tipo esta constituida por las plantas de dos departamentos, los cuales constan de estancia, comedor, alcoba, cocina, patio de servicio, baño completo y dos recamaras. Los departamentos tienen  $62.46 \text{ m}^2$  de superficie, por lo que su planta tipo es de  $124.92 \text{ m}^2$ . La planta tipo se dividió en 16 áreas básicas.

#### Multifamiliar Actopan (Fig. 3.1.1.5)

Esta planta tipo esta constituida por las plantas de dos departamentos, los cuales constan de estancia, comedor, alcoba, cocina, patio de servicio, baño completo y dos recamaras. Los departamentos tienen  $66.29 \text{ m}^2$  de superficie, por lo que su planta tipo es de  $132.58 \text{ m}^2$ . La planta tipo se dividió en 12 áreas básicas.

#### Multifamiliar Cuitzeo (Fig. 3.1.1.6)

Esta planta tipo esta constituida por las plantas de cuatro departamentos, los cuales constan de estancia, comedor, alcoba, cocina, patio de servicio, baño completo y dos recamaras. Los departamentos tienen  $67.10 \text{ m}^2$  de superficie, por lo que su planta tipo es de  $268.40 \text{ m}^2$ . La planta tipo se dividió en 24 áreas básicas.

#### Multifamiliar Yuriria (Fig. 3.1.1.7)

Esta planta tipo esta constituida por las plantas de dos departamentos, los cuales constan de estancia, comedor, alcoba, cocina, patio de servicio, baño completo y dos recamaras. Los departamentos tienen  $67.5 \text{ m}^2$  de superficie, por lo que su planta tipo es de  $135 \text{ m}^2$ . La planta tipo se dividió en 12 áreas básicas.

#### Multifamiliar El Pipila (Fig. 3.1.1.8)

Esta planta tipo esta constituida por las plantas de dos departamentos, los cuales constan de estancia, comedor, cocineta, patio de servicio, baño completo y tres recamaras. Los departamentos tienen  $68.94 \text{ m}^2$  de superficie, por lo que su planta tipo es de  $137.88 \text{ m}^2$ . La planta tipo se dividió en 12 áreas básicas.

#### Multifamiliar Carpio (Fig. 3.1.1.9)

Esta planta tipo esta constituida por las plantas de dos departamentos, los cuales constan de sala, comedor, estudio, cocina, patio de servicio, baño completo y dos recamaras. Los departamentos tienen  $71.55 \text{ m}^2$  de superficie, por lo que su planta tipo es de  $143.1 \text{ m}^2$ . La planta tipo se dividió en 12 áreas básicas.

#### Multifamiliar Tres Guerras (Fig. 3.1.1.10)

Esta planta tipo esta constituida por las plantas de dos departamentos, los cuales constan de sala, comedor, cocina, patio de servicio, baño completo y tres recamaras. Los departamentos tienen  $72 \text{ m}^2$  de superficie, por lo que su planta tipo es de  $144 \text{ m}^2$ . La planta tipo se dividió en 12 áreas básicas.

#### Multifamiliar Dolores (Fig. 3.1.1.11)

Esta planta tipo esta constituida por las plantas de dos departamentos, los cuales constan de estancia, comedor, alcoba, cocina, patio de servicio, baño completo y dos recamaras. Los departamentos tienen  $73.12 \text{ m}^2$  de superficie, por lo que su planta tipo es de  $146.24 \text{ m}^2$ . La planta tipo se dividió en 14 áreas básicas.

#### Multifamiliar Chapultepec (Fig. 3.1.1.12)

Esta planta tipo esta constituida por las plantas de dos departamentos, los cuales constan de estancia, comedor, cocina, patio de servicio, baño completo y tres recamaras. Los departamentos tienen  $73.44 \text{ m}^2$  de superficie, por lo que su planta tipo es de  $146.88 \text{ m}^2$ . La planta tipo se dividió en 12 áreas básicas.

#### Multifamiliar Acatempa (Fig. 3.1.1.13)

Esta planta tipo esta constituida por las plantas de cuatro departamentos, los cuales constan de estancia, comedor, vestíbulo, cocina, patio de servicio, baño completo y tres recamaras. Los departamentos tienen  $76.94 \text{ m}^2$  de superficie, por lo que su planta tipo es de  $307.76 \text{ m}^2$ . La planta tipo se dividió en 28 áreas básicas.

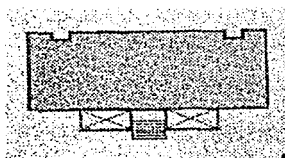
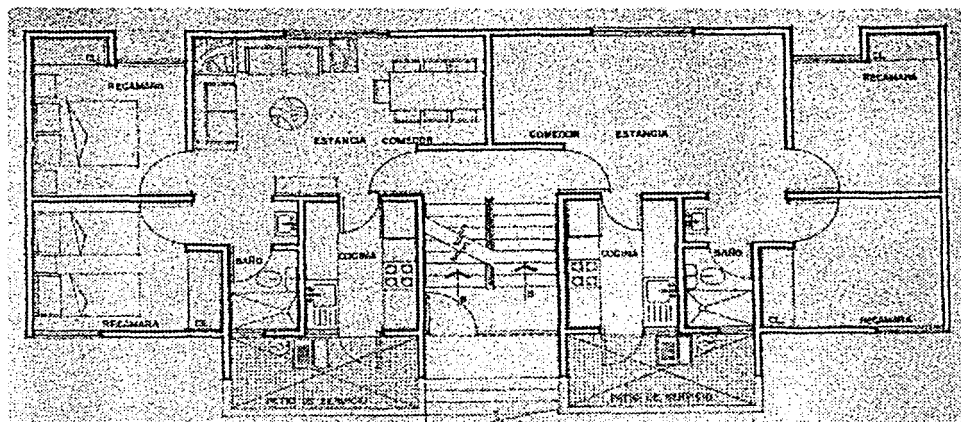
#### Multifamiliar Churubusco (Fig. 3.1.1.14)

Esta planta tipo esta constituida por las plantas de dos departamentos, los cuales constan de estancia, comedor, alcoba, cocina, patio de servicio, baño completo y dos recamaras. Los departamentos tienen  $79.87 \text{ m}^2$  de superficie, por lo que su planta tipo es de  $159.74 \text{ m}^2$ . La planta tipo se dividió en 14 áreas básicas.

### Multifamiliar Escobedo (Fig. 3.1.1.15)

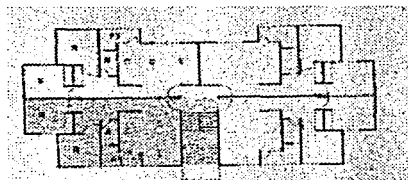
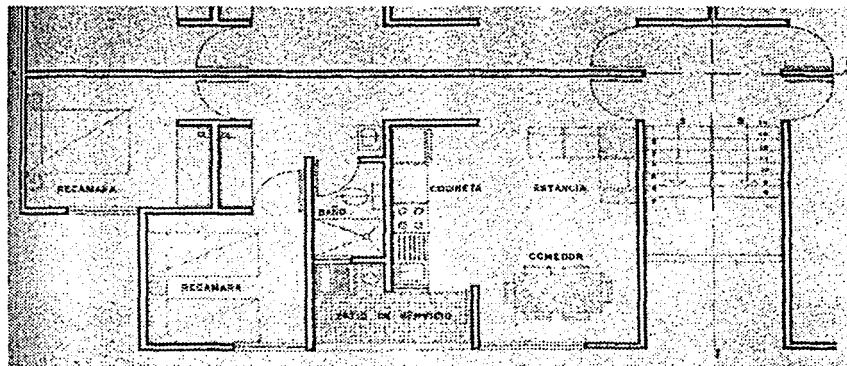
Esta planta tipo esta constituida por las plantas de cuatro departamentos, los cuales constan de estancia, comedor, cocina, patio de servicio, baño completo y tres recamaras. Los departamentos tienen  $80.49 \text{ m}^2$  de superficie, por lo que su planta tipo es de  $321.96 \text{ m}^2$ . La planta tipo se dividió en 24 áreas básicas.

En las figuras 3.1.1.1. a 3.1.1.15. se observan las plantas tipo estudiadas.



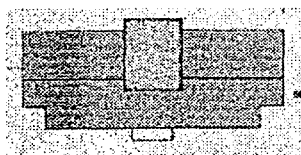
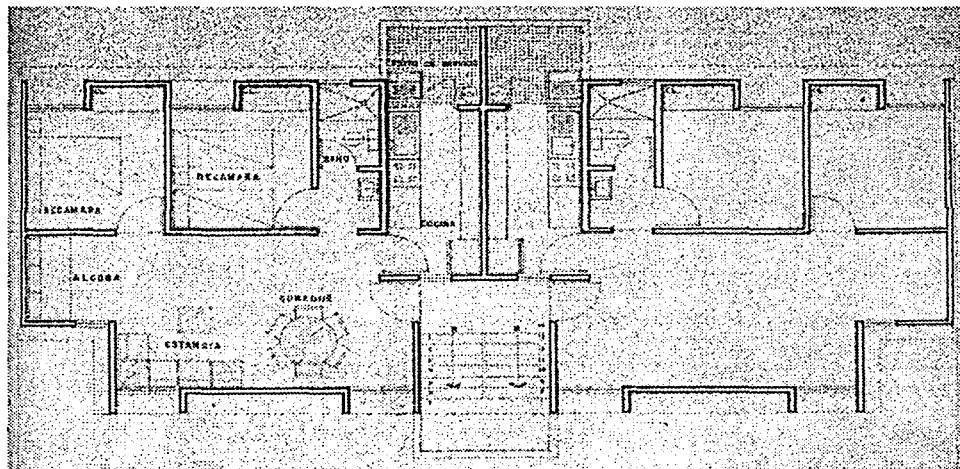
Multifamiliar Tarasco  
Fig. 3.1.1.1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



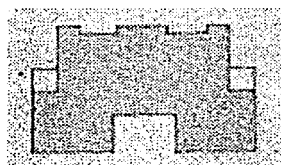
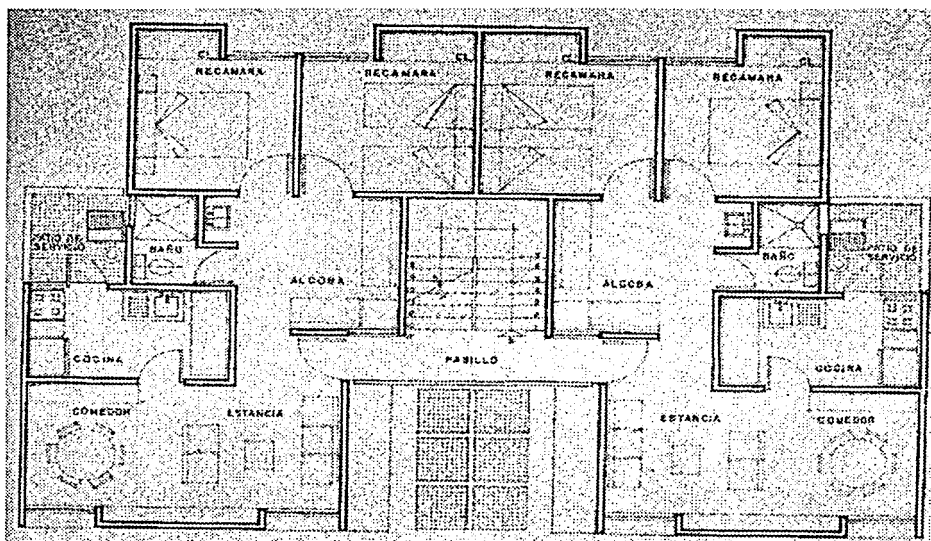
Multifamiliar Tolteca  
Fig. 3.1.1.2





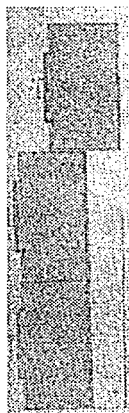
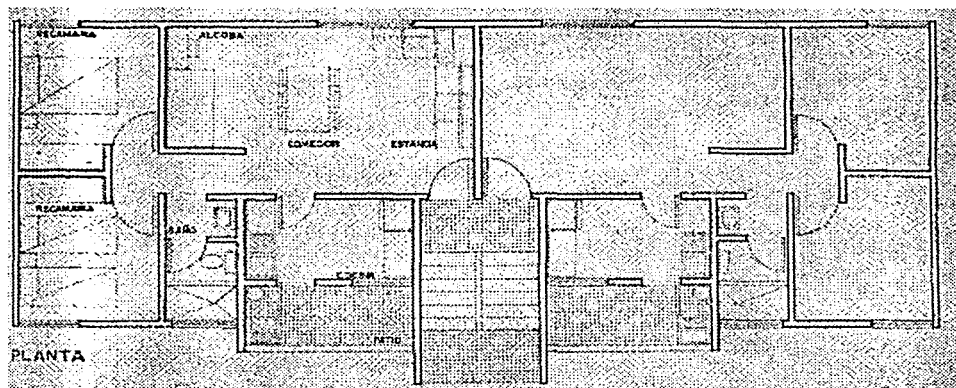
Multifamiliar Mixteco  
Fig. 3.1.1.3

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



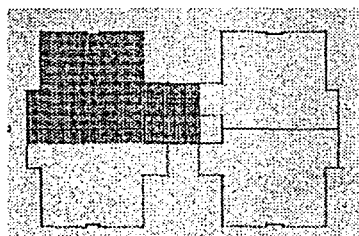
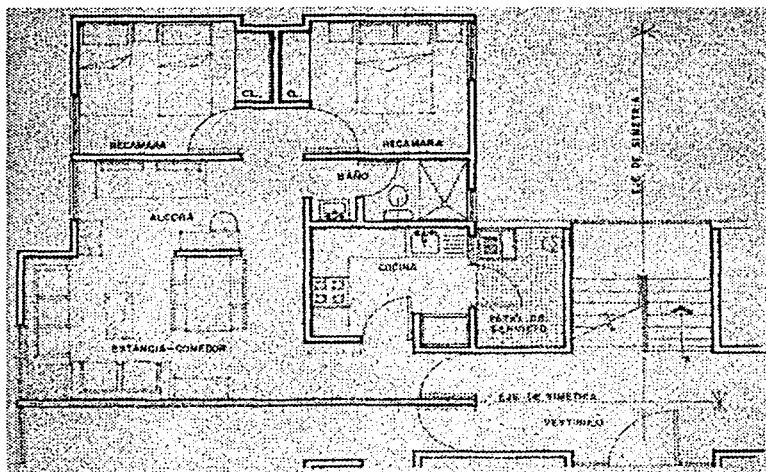
UBICACIÓN CON  
FALLA DE ORIGEN

Multifamiliar Uruapan  
Fig. 3.1.1.4



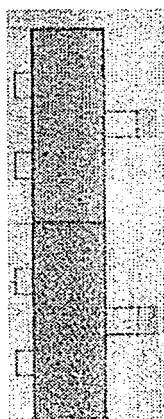
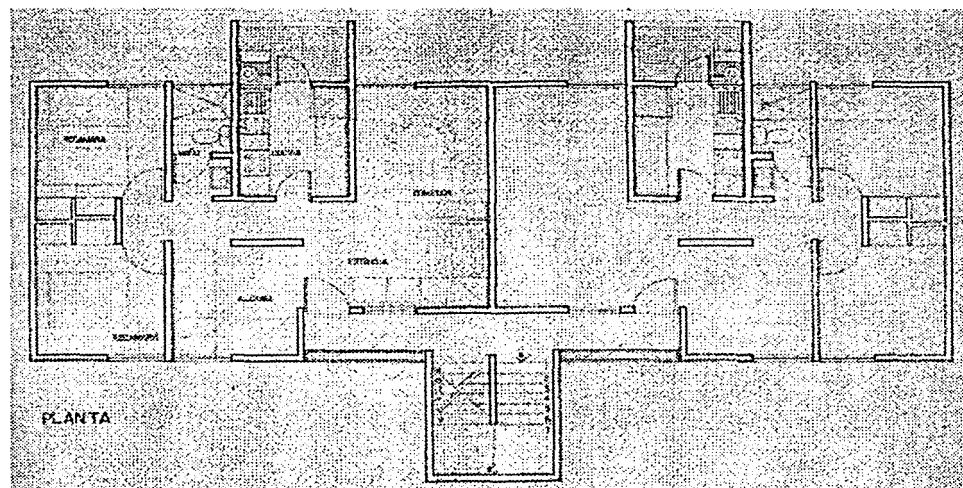
CON  
DE ORIGEN

Multifamiliar Actopan  
Fig. 3.1.1.5



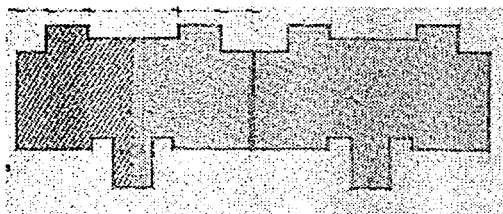
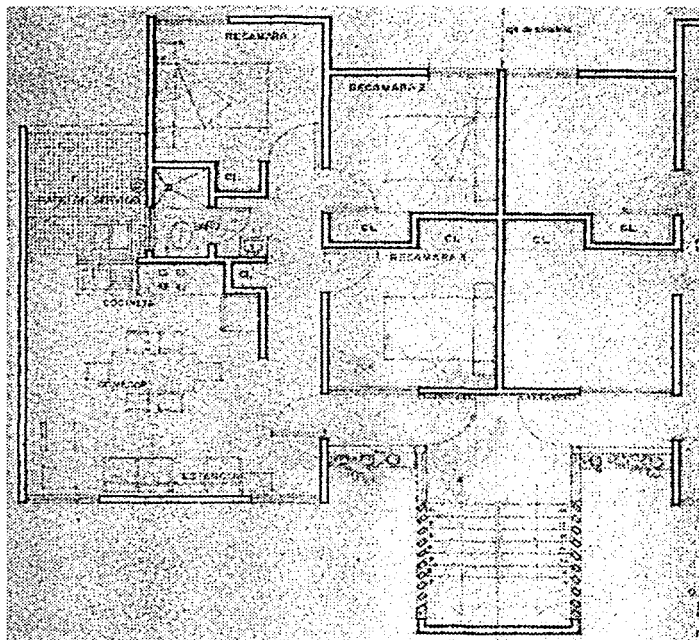
CON  
INGEN

Multifamiliar Cuitzeo  
Fig. 3.1.1.6



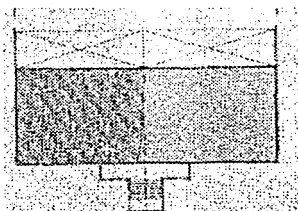
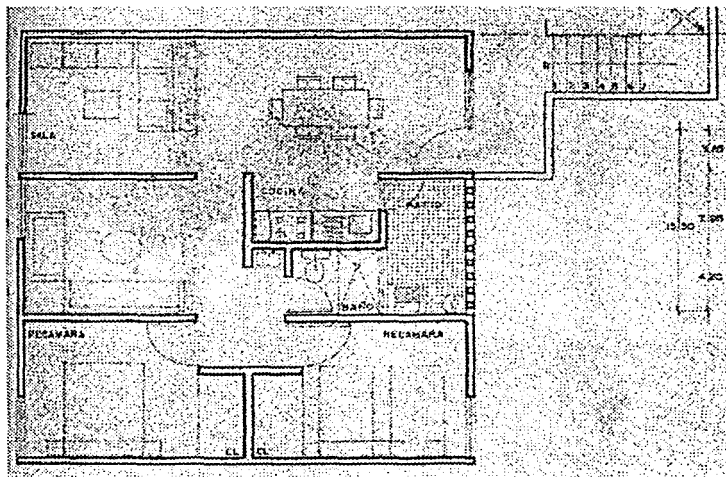
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Multifamiliar Yuriria  
Fig. 3.1.1.7



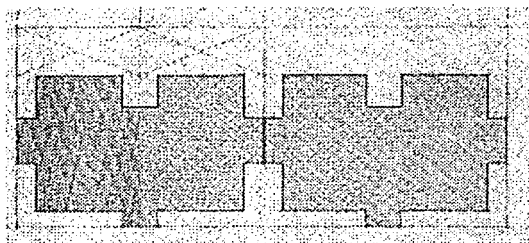
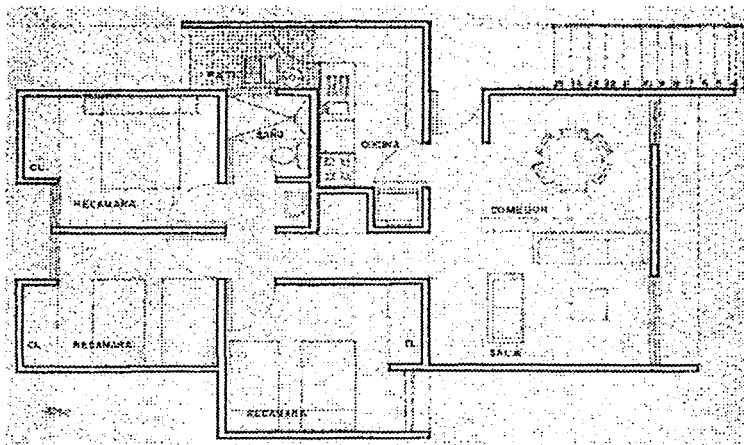
Multifamiliar El Pipila  
Fig. 3.1.1.8

VERIS CON  
FALSA DE ORIGEN

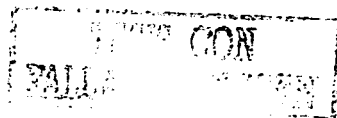


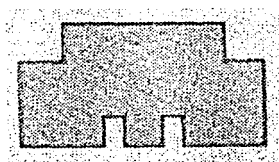
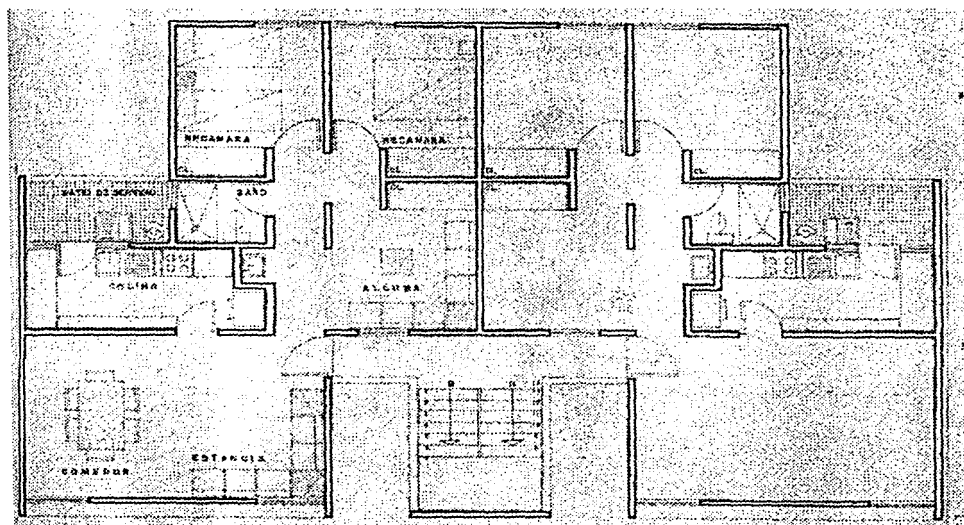
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Multifamiliar Carpio  
Fig. 3.1.1.9



Multifamiliar Tres Guerras  
Fig. 3.1.1.10

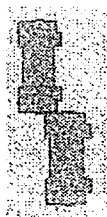
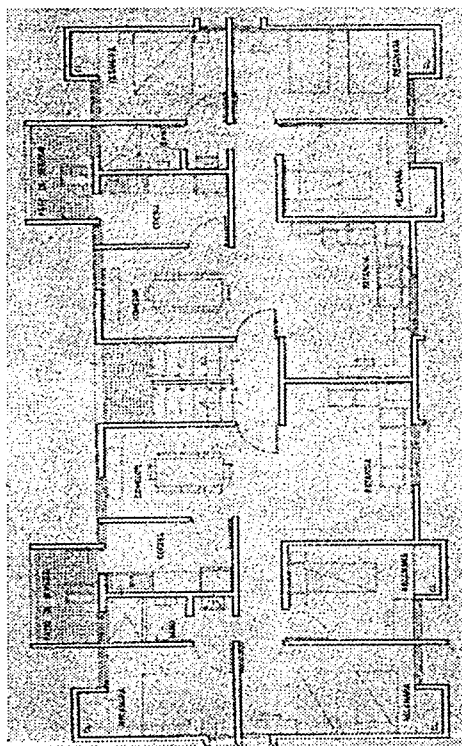




Multifamiliar Dolores

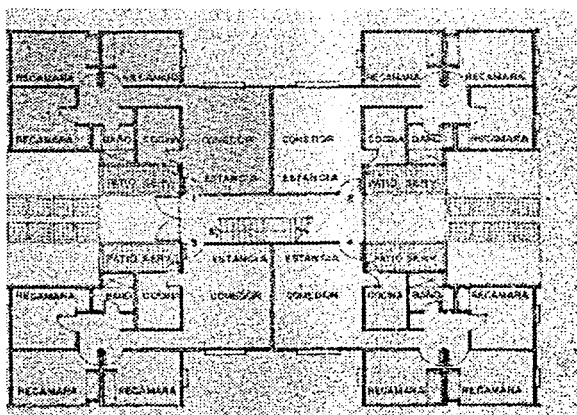
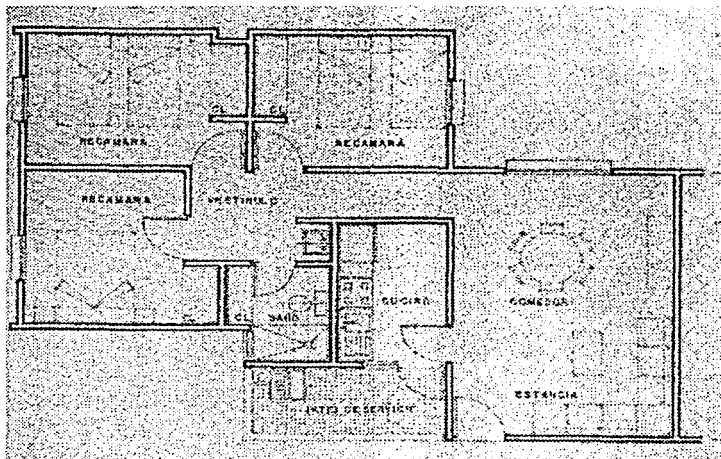
Fig. 3.1.1.11

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
TESIS DE GRADUACIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA



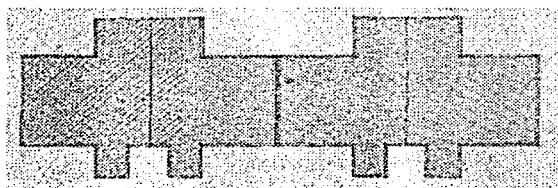
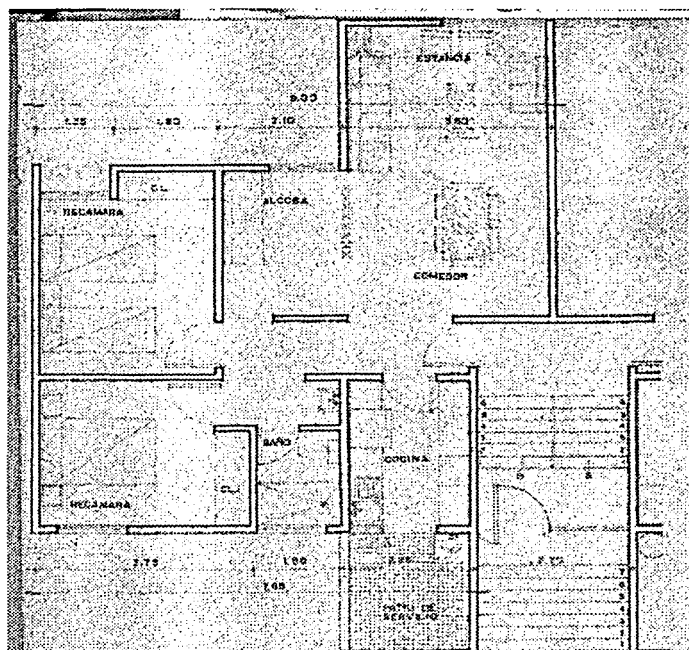
ESTUDIO DE CARGAS VIVAS  
PARA CASA HABITACIÓN

Multifamiliar Chapultepec  
Fig. 3.1.1.12



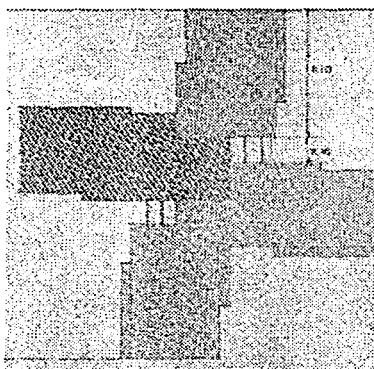
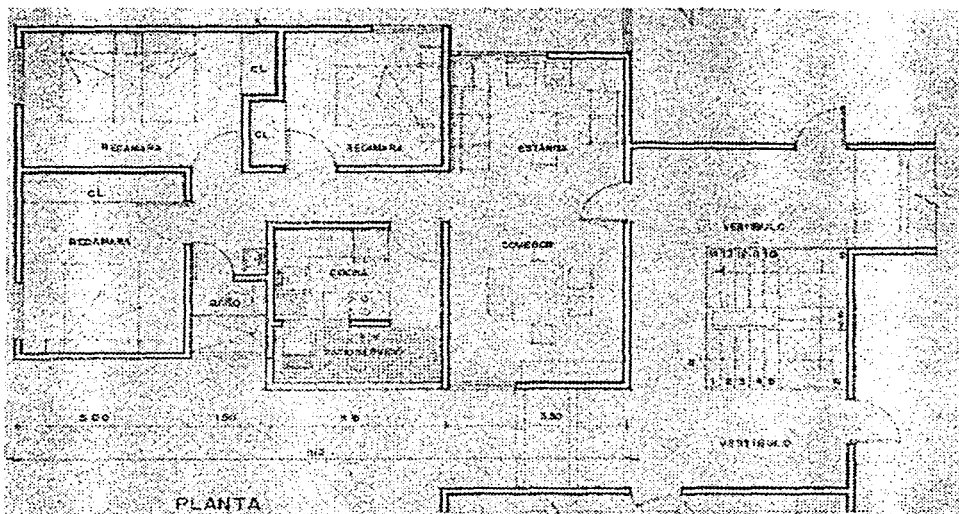
Multifamiliar Acatempa  
Fig. 3.1.1.13

PLANO DE ORIGEN



Multifamiliar Churubusco  
Fig. 3.1.1.14

COPIA DE ORIGEN



Multifamiliar Escobedo

Fig. 3.1.1.15

TESIS CON  
FOLIO DE ORIGEN

### **3.2. Estimación de las cargas sostenidas instantáneas**

La estimación de las cargas sostenidas instantáneas en las diferentes plantas tipo de los edificios de casa-habitación es una de las etapas más importantes en el presente trabajo, ya que de estas dependen los datos que alimentan al programa de simulación así como los resultados finales.

#### **3.2.1. Herramienta de trabajo**

Una de las principales etapas del trabajo es la estimación de las cargas vivas instantáneas sostenidas debidas a personas y mobiliario en las diferentes plantas tipo de las casas-habitación. Para obtener los pesos de muebles y otros objetos dentro de las casas-habitación fué necesario utilizar dos básculas de palancas equilibradas a base de contrapesos, con una plataforma de 30 x 40 cm, con capacidad para 140 kg cada una. Estas básculas reunieron las características requeridas para el proyecto, además de que presentaron relativa facilidad para transportarse, capacidad suficiente, facilidad de ajuste y bajo riesgo de descompostura.

Otras herramientas utilizadas, además de las básculas descritas anteriormente, fueron: flexómetro, fajas para cargar objetos pesados, tablones y tablas de madera.

#### **3.2.2. Metodología para la estimación de las cargas y tablas de datos.**

Para estimar la carga por unidad de área que actúa sobre una casa-habitación es necesario conocer lo siguiente:

- los pesos de los muebles y otros objetos que se ocuparan en una casa-habitación
- los pesos de las personas que habitan en la casa-habitación
- las dimensiones de las casas-habitación de las plantas tipo a estudiar

Para cumplir con estos objetivos fue necesario pesar físicamente los muebles y los otros objetos (ropa, utensilios de cocina, etc.), Se obtuvieron diferentes pesos para cada uno de los distintos muebles. Este peso se obtuvo directamente de colocar los muebles sobre las básculas antes mencionadas y para los demás objetos se obtuvo el peso en volumen, utilizando una caja de 60x30x33 cm de largo, ancho y altura respectivamente, por ejemplo para utensilios de cocina, se lleno la caja con estos y después se tomó su peso volumétrico.

El peso de las personas se obtuvo de los estudios realizados anteriormente para oficinas y escuelas (ref. 19 y 20).

Las dimensiones de las plantas de casa-habitación se obtuvo de los planos proporcionados por el INFONAVIT.

A continuación se hace una breve descripción del proceso general de la estimación de las cargas:

#### 1.- Arreglos preliminares.

En esta etapa se contactó con las personas indicadas para conseguir las plantas tipo antes mencionadas, en el INFONAVIT. Obteniendo estas en la biblioteca del mismo instituto. También en esta etapa se contactó con los dueños de diferentes mueblerías y dueños de tiendas de muebles de baño, cocina, etc; de donde se obtuvieron los diferentes pesos de los diferentes tipos de muebles.

#### 2.- Inspección inicial.

Con los planos de las diferentes plantas tipo estudiadas, se hizo una inspección de los planos, observando la distribución de las divisiones y muebles de baño, sala, etc.

#### 3.- División de áreas básicas

Para la división de las áreas básicas fué necesario dividir la planta tipo elegida en áreas iguales dentro de la planta, para así facilitar el estudio. Dicha división se hace en forma imaginaria sobre un plano de las plantas tipo elegidas, marcando los límites de cada área y asignando un número a cada una de ellas. En el caso en donde el área fuera mayor que la registrada en el plano, se toma un área mayor y se considera el peso respectivo a esa área con el dato del área real, utilizando una regla de tres.

#### 4.- Selección de muebles que debe pesarse

Dentro de esta etapa se eligió muebles del mismo uso, pero con diferentes pesos, para que hubiera variedad en los pesos de estos, dentro del estudio de las cargas sostenidas.

#### 5.- Estado de carga.

En esta etapa se verificó la cantidad de muebles con los que cuentan las áreas básicas y la cantidad en volumen por los demás objetos, como utensilios de cocina, etc; y se detalló aún mas la colocación de los muebles.

#### 6.- Obtención de los pesos de las muebles seleccionados y de los otros objetos.

En este punto se pesan físicamente los objetos previamente elegidos, en las distintas mueblerías, como en las tiendas de muebles de baño, cocina, etc; y de cada mueble se obtienen la media.

## 7.- Formatos de registro.

La finalidad del formato de registro es la de hacer más práctica y rápida la estimación. El formato debe contener el peso por mueble. En la tabla 3.2.2.1. se muestra un ejemplo de las tablas de datos.

| REGISTRO DE DATOS |                |                |                |                |                |                |                |                |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Sillón            |                |                | Love seat      |                |                | Sofá           |                |                |
| Peso<br>( Kg )    | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) |
| 31.60             | 1.00           | 0.90           | 41.00          | 1.55           | 0.90           | 57.50          | 2.06           | 0.90           |
| 30.30             | 1.10           | 0.90           | 45.00          | 1.60           | 0.90           | 55.50          | 2.20           | 0.90           |
| 36.10             | 1.00           | 0.85           | 47.70          | 1.50           | 0.85           | 61.50          | 2.06           | 0.85           |
| 25.10             | 1.05           | 0.80           | 31.80          | 1.53           | 0.80           | 39.10          | 2.00           | 0.80           |
| 33.50             | 1.00           | 0.90           | 43.60          | 1.50           | 0.90           | 54.70          | 2.05           | 0.90           |
| 36.50             | 1.10           | 0.95           | 46.70          | 1.65           | 0.95           | 58.60          | 2.10           | 0.95           |
| 34.20             | 1.10           | 0.90           | 42.80          | 1.65           | 0.90           | 50.70          | 2.10           | 0.90           |
| 36.70             | 0.94           | 0.86           | 51.00          | 1.38           | 0.86           | 63.80          | 1.95           | 0.86           |
| 32.20             | 1.00           | 0.85           | 42.80          | 1.55           | 0.85           | 61.00          | 2.05           | 0.85           |
| 35.00             | 1.00           | 0.90           | 42.00          | 1.55           | 0.90           | 61.50          | 2.10           | 0.90           |

| Minicomponentes |                |                | Estufas        |                |                | Camas individuales |                |                |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|
| Peso<br>( Kg )  | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg )     | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) |
| 6.50            | 0.36           | 0.27           | 50.40          | 0.78           | 0.62           | 58.60              | 1.90           | 1.00           |
| 4.60            | 0.21           | 0.20           | 36.60          | 0.53           | 0.56           | 55.30              | 1.90           | 1.00           |
| 7.40            | 0.36           | 0.27           | 44.80          | 0.76           | 0.61           | 54.70              | 1.90           | 1.00           |
| 8.60            | 0.29           | 0.23           | 32.00          | 0.57           | 0.52           | 55.00              | 1.90           | 1.00           |
| 3.50            | 0.25           | 0.28           | 36.60          | 0.61           | 0.53           | 52.30              | 1.90           | 1.00           |
| 4.62            | 0.43           | 0.23           | 49.20          | 0.78           | 0.60           | 55.45              | 1.90           | 1.00           |
| 6.50            | 0.27           | 0.36           | 50.00          | 0.77           | 0.59           | 47.12              | 1.90           | 1.00           |
| 12.00           | 0.27           | 0.36           | 34.40          | 0.63           | 0.50           | 43.82              | 1.90           | 1.00           |
| 7.80            | 0.27           | 0.36           | 44.80          | 0.76           | 0.63           | 43.22              | 1.90           | 1.00           |
| 12.00           | 0.27           | 0.36           | 53.30          | 0.74           | 0.67           | 43.52              | 1.90           | 1.00           |
| 8.60            | 0.36           | 0.37           | 57.30          | 0.74           | 0.65           | 40.82              | 1.90           | 1.00           |
| 10.10           | 0.36           | 0.37           | 50.00          | 0.77           | 0.60           | 43.97              | 1.90           | 1.00           |

| REGISTRO DE DATOS |                |                |                |                |                |                |                |                |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Televisiones      |                |                | Refrigeradores |                |                | Lavadoras      |                |                |
| Peso<br>( Kg )    | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) |
| 9.60              | 0.39           | 0.38           | 162.00         | 0.96           | 0.92           | 47.00          | 0.69           | 0.63           |
| 19.60             | 0.51           | 0.49           | 162.00         | 0.96           | 0.92           | 47.00          | 0.69           | 0.63           |
| 39.60             | 0.72           | 0.59           | 95.00          | 0.83           | 0.70           | 33.00          | 0.54           | 0.54           |
| 9.00              | 0.39           | 0.37           | 60.00          | 0.67           | 0.61           | 42.00          | 0.99           | 0.85           |
| 19.00             | 0.51           | 0.47           | 102.00         | 0.86           | 0.75           | 25.00          | 0.73           | 0.42           |
| 37.40             | 0.51           | 0.47           | 112.00         | 0.92           | 0.81           | 20.00          | 0.42           | 0.41           |
| 9.30              | 0.37           | 0.38           | 92.00          | 0.85           | 0.70           | 42.00          | 0.85           | 0.53           |
| 9.50              | 0.36           | 0.38           | 64.00          | 0.67           | 0.61           | 65.00          | 0.69           | 0.65           |
| 9.60              | 0.38           | 0.36           | 81.00          | 0.76           | 0.68           | 60.00          | 0.69           | 0.65           |
| 17.20             | 0.47           | 0.47           | 100.00         | 0.86           | 0.73           | 55.00          | 0.61           | 0.66           |
| 18.20             | 0.47           | 0.48           | 110.00         | 0.92           | 0.79           | 59.20          | 0.69           | 0.65           |
| 20.00             | 0.47           | 0.48           | 98.00          | 0.86           | 0.71           | 52.30          | 0.65           | 0.62           |
| 20.40             | 0.49           | 0.47           | 108.00         | 0.92           | 0.77           | 65.00          | 0.69           | 0.65           |
| 17.70             | 0.53           | 0.54           | 93.00          | 0.75           | 0.78           | 55.00          | 0.66           | 0.61           |
| 26.00             | 0.69           | 0.60           | 103.00         | 0.80           | 0.80           |                |                |                |
| 37.60             | 0.59           | 0.49           | 90.00          | 0.75           | 0.72           |                |                |                |
| 37.60             | 0.58           | 0.49           | 100.00         | 0.80           | 0.76           |                |                |                |
|                   |                |                | 83.00          | 0.76           | 0.72           |                |                |                |
|                   |                |                | 95.00          | 0.82           | 0.77           |                |                |                |

| Microondas     |                |                | Libreros       |                |                | Cómodas        |                |                |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) |
| 19.30          | 0.56           | 0.32           | 90.70          | 1.45           | 0.46           | 53.40          | 1.22           | 0.55           |
| 19.00          | 0.56           | 0.32           | 90.80          | 1.45           | 0.46           | 59.80          | 1.22           | 0.56           |
| 17.50          | 0.56           | 0.32           | 45.50          | 1.25           | 0.40           | 53.50          | 1.53           | 0.60           |
| 20.00          | 0.53           | 0.32           | 57.30          | 1.20           | 0.40           | 33.80          | 1.25           | 0.42           |
| 14.90          | 0.53           | 0.32           | 124.20         | 1.86           | 0.40           | 36.50          | 1.14           | 0.55           |
| 18.18          | 0.56           | 0.32           | 126.50         | 2.40           | 0.40           | 94.00          | 1.65           | 0.55           |
| 17.50          | 0.56           | 0.32           | 90.20          | 1.45           | 0.46           | 85.50          | 1.65           | 0.55           |
| 15.90          | 0.53           | 0.32           | 90.90          | 1.45           | 0.46           | 39.40          | 1.14           | 0.55           |
| 17.50          | 0.56           | 0.32           | 91.20          | 1.45           | 0.46           | 57.50          | 0.82           | 0.41           |
| 15.90          | 0.53           | 0.31           | 48.50          | 1.60           | 0.40           | 39.00          | 0.80           | 0.40           |
| 15.90          | 0.53           | 0.32           | 46.20          | 1.40           | 0.40           |                |                |                |
| 11.20          | 0.48           | 0.28           | 48.70          | 1.68           | 0.39           |                |                |                |

| Cocineta       |                |                | Radio grabadora |                |                | Targa          |                |                |
|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg )  | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) |
| 54.10          | 1.20           | 0.50           | 2.70            | 0.33           | 0.23           | 34.00          | 0.80           | 0.58           |
| 44.70          | 0.80           | 0.50           | 4.60            | 0.53           | 0.25           | 50.00          | 1.20           | 0.60           |
| 45.00          | 1.20           | 0.46           | 6.50            | 0.60           | 0.25           |                |                |                |

| REGISTRO DE DATOS |                |                |                |                |                |                |                |                |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Tocador           |                |                | Cabecera       |                |                | Búro           |                |                |
| Peso<br>( Kg )    | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) |
| 75.10             | 1.63           | 0.43           | 25.60          | 2.10           | 0.05           | 15.30          | 0.60           | 0.40           |
| 83.90             | 2.08           | 0.40           | 26.90          | 2.08           | 0.03           | 17.50          | 0.60           | 0.36           |
| 67.40             | 1.60           | 0.40           | 34.80          | 2.20           | 0.05           | 14.30          | 0.60           | 0.40           |
| 75.80             | 2.00           | 0.40           | 25.80          | 2.00           | 0.04           | 20.80          | 0.60           | 0.40           |
| 123.70            | 2.40           | 0.30           | 36.20          | 1.47           | 0.30           | 32.20          | 0.47           | 0.30           |
| 122.10            | 2.40           | 0.30           | 36.10          | 1.47           | 0.30           | 32.20          | 0.47           | 0.30           |
| 124.50            | 2.40           | 0.30           | 36.30          | 1.48           | 0.30           | 32.40          | 0.47           | 0.30           |
| 73.50             | 1.63           | 0.40           | 30.20          | 2.00           | 0.05           | 16.20          | 0.60           | 0.40           |
| 58.90             | 1.70           | 0.40           | 20.20          | 2.00           | 0.03           | 13.80          | 0.40           | 0.40           |
| 48.00             | 1.67           | 0.40           | 15.70          | 2.00           | 0.02           | 9.00           | 0.52           | 0.38           |

| Mesa           |                |                | Silla          |                |                | W. C.          |                |                |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) |
| 31.70          | 1.50           | 0.80           | 6.90           | 0.54           | 0.50           | 66.10          | 0.50           | 0.50           |
| 28.10          | 1.50           | 0.90           | 6.30           | 0.55           | 0.50           | 46.70          | 0.50           | 0.50           |
| 26.80          | 1.50           | 0.90           | 5.80           | 0.55           | 0.50           | 68.10          | 0.60           | 0.50           |
| 26.50          | 1.50           | 0.90           | 5.90           | 0.55           | 0.50           | 47.20          | 0.55           | 0.50           |
| 27.90          | 1.20           | 1.20           | 7.90           | 0.55           | 0.55           | 44.40          | 0.50           | 0.50           |
| 30.50          | 1.50           | 0.90           | 4.00           | 0.55           | 0.50           | 49.20          | 0.55           | 0.50           |
| 39.20          | 1.60           | 1.00           | 6.80           | 0.60           | 0.60           | 54.20          | 0.55           | 0.50           |
| 74.80          | 1.74           | 1.00           | 5.80           | 0.55           | 0.55           | 54.10          | 0.50           | 0.50           |
| 34.10          | 1.80           | 1.00           | 6.60           | 0.55           | 0.50           | 41.20          | 0.50           | 0.50           |
| 45.20          | 1.84           | 1.02           | 6.60           | 0.55           | 0.50           | 42.60          | 0.50           | 0.50           |
| 68.50          | 1.60           | 1.06           | 12.50          | 0.55           | 0.55           | 56.80          | 0.50           | 0.50           |

| Video Casetera |                |                | Lavabo         |                |                | Lavadero       |                |                |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) |
| 3.20           | 0.30           | 0.30           | 20.60          | 0.50           | 0.50           | 70.50          | 0.80           | 0.70           |
| 3.20           | 0.30           | 0.30           | 25.60          | 0.60           | 0.50           | 55.20          | 0.60           | 0.75           |
| 4.00           | 0.36           | 0.27           | 21.50          | 0.50           | 0.50           | 90.00          | 0.90           | 0.70           |
| 4.00           | 0.36           | 0.27           | 21.80          | 0.50           | 0.50           | 114.70         | 1.10           | 0.70           |
| 4.00           | 0.36           | 0.28           | 25.90          | 0.50           | 0.50           | 92.20          | 1.10           | 0.73           |
| 4.00           | 0.36           | 0.27           | 22.10          | 0.55           | 0.50           | 81.30          | 1.05           | 0.74           |
| 4.00           | 0.36           | 0.27           | 21.80          | 0.50           | 0.50           | 80.10          | 1.00           | 0.75           |
|                |                |                | 23.20          | 0.55           | 0.50           | 75.30          | 0.95           | 0.80           |
|                |                |                |                |                |                | 78.80          | 1.20           | 0.70           |

| REGISTRO DE DATOS |                |                |                |                |                |                |                |                |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Cama matrimonial  |                |                | Calentadores   |                |                | Ropa           |                |                |
| Peso<br>( Kg )    | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) |
| 55.50             | 1.88           | 1.34           | 63.00          | 0.37           | 0.37           | 11.70          | 0.60           | 0.31           |
| 61.40             | 1.90           | 1.38           | 98.00          | 0.37           | 0.37           | 14.20          | 0.60           | 0.31           |
| 54.10             | 1.90           | 1.37           | 112.00         | 0.37           | 0.37           | 15.90          | 0.60           | 0.31           |
| 61.40             | 1.90           | 1.38           | 155.00         | 0.43           | 0.43           | 12.20          | 0.60           | 0.31           |
| 61.40             | 1.90           | 1.38           | 191.00         | 0.43           | 0.43           | 12.70          | 0.60           | 0.31           |
| 61.40             | 1.90           | 1.38           | 62.00          | 0.37           | 0.37           | 10.20          | 0.60           | 0.31           |
| 54.10             | 1.90           | 1.37           | 97.00          | 0.37           | 0.37           | 11.90          | 0.60           | 0.31           |
| 54.10             | 1.90           | 1.37           | 78.00          | 0.43           | 0.43           | 16.20          | 0.60           | 0.31           |
| 57.60             | 1.90           | 1.37           | 111.00         | 0.37           | 0.37           | 12.50          | 0.60           | 0.31           |
| 53.30             | 1.90           | 1.34           | 152.00         | 0.43           | 0.43           | 11.90          | 0.60           | 0.31           |
| 78.85             | 1.90           | 1.38           | 191.00         | 0.43           | 0.43           | 15.90          | 0.60           | 0.31           |
| 78.85             | 1.90           | 1.38           | 60.00          | 0.37           | 0.37           | 17.30          | 0.60           | 0.31           |
| 69.55             | 1.90           | 1.37           | 94.00          | 0.37           | 0.37           |                |                |                |
| 73.05             | 1.90           | 1.37           | 109.00         | 0.37           | 0.37           |                |                |                |
| 68.75             | 1.90           | 1.34           | 153.00         | 0.43           | 0.43           |                |                |                |
|                   |                |                | 190.00         | 0.43           | 0.43           |                |                |                |

| Utensilios de cocina |                |                | Mesa de televisión |                |                | Mesa de centro |                |                |
|----------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Peso<br>( Kg )       | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg )     | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) | Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) |
| 39.80                | 0.60           | 0.31           | 25.90              | 0.80           | 0.40           | 15.20          | 0.90           | 0.55           |
| 30.30                | 0.60           | 0.31           | 28.60              | 0.80           | 0.40           | 20.50          | 0.90           | 0.50           |
| 25.70                | 0.60           | 0.31           | 18.00              | 0.60           | 0.50           | 11.30          | 0.90           | 0.60           |
| 28.60                | 0.60           | 0.31           | 37.20              | 0.80           | 0.60           | 18.90          | 0.95           | 0.55           |
| 41.10                | 0.60           | 0.31           | 29.90              | 0.80           | 0.50           | 21.70          | 0.90           | 0.55           |
| 31.10                | 0.60           | 0.31           | 49.30              | 1.36           | 0.40           | 17.80          | 0.90           | 0.55           |
| 20.90                | 0.60           | 0.31           |                    |                |                |                |                |                |
| 18.30                | 0.60           | 0.31           |                    |                |                |                |                |                |

| Vitrinas       |                |                |
|----------------|----------------|----------------|
| Peso<br>( Kg ) | Largo<br>( m ) | Ancho<br>( m ) |
| 78.80          | 1.20           | 0.40           |
| 95.20          | 1.70           | 0.40           |
| 121.20         | 1.62           | 0.42           |
| 119.00         | 1.60           | 0.40           |
| 74.80          | 1.53           | 0.42           |

Tabla 3.2.2.1.

## 8.- Estimación por área básica

Con los pesos obtenidos se hace la colocación de los diferentes muebles con sus pesos respectivos en las distintas áreas básicas según su colocación en los planos de las plantas tipo, divididos ya en áreas básicas, tomando en consideración el peso de los demás objetos. Esto se hace en cada una de las plantas tipo estudiadas. Los datos de pesos de las personas también se incorporan a los estudios.

## 9.- Obtención de las cargas para cada área básica.

En esta parte solo se suman los valores de los pesos obtenidos en el paso anterior, y con esto se obtiene el valor estimado de la carga, para cada una de las áreas básicas de las distintas plantas tipo estudiadas.

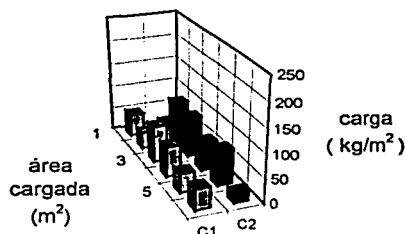
## 10.- Dibujo de las plantas tipo.

Por último, se dibujan las plantas tipo basándose en los planos y se marca la división de áreas adoptadas, así como la carga por unidad de área estimada para las distintas áreas básicas. Con esto, la información queda lista para su análisis estadístico.

### 3.2.3. Resultados del muestreo de cargas vivas.

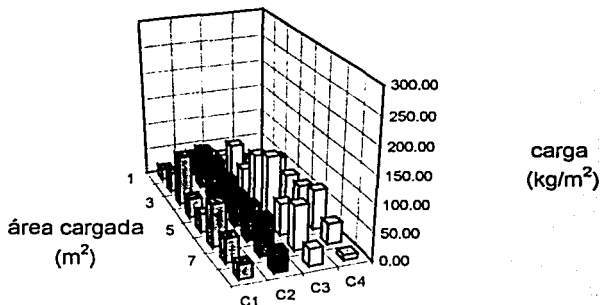
Las figuras 3.2.3.1 - 3.2.3.15 ilustraran los resultados obtenidos de la estimación de las cargas; Un croquis en planta señala la carga por unidad de área, y otro en barras tridimensionales muestra una distribución más clara de las cargas vivas en los diferentes plantas tipo elegidas. Los resultados se muestran para las quince plantas tipo elegidas con anterioridad.

|   |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 48.29 | 34.73 | 77.59 | 63.86 | 40.54 | 43.93 |
| 2 | 17.36 | 91.07 | 84.97 | 61.32 | 75.72 | 19.62 |
|   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |



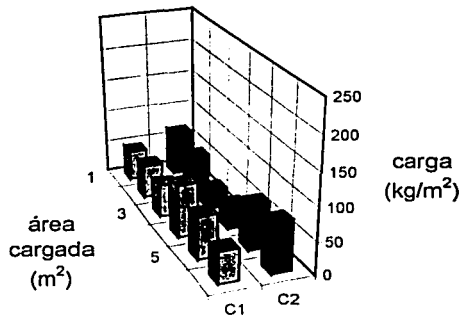
Multifamiliar Tarasco  
Figura 3.2.3.1.

|   |       |       |       |        |        |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 1 | 20.38 | 34.90 | 91.48 | 34.90  | 33.43  | 78.44 | 44.22 | 26.18 |
| 2 | 40.72 | 73.63 | 75.19 | 64.27  | 58.19  | 65.12 | 68.01 | 37.05 |
| 3 | 32.47 | 74.06 | 50.32 | 100.55 | 121.25 | 58.15 | 81.30 | 31.17 |
| 4 | 16.71 | 40.76 | 63.12 | 52.43  | 56.59  | 73.14 | 37.25 | 8.99  |
|   | 1     | 2     | 3     | 4      | 5      | 6     | 7     | 8     |



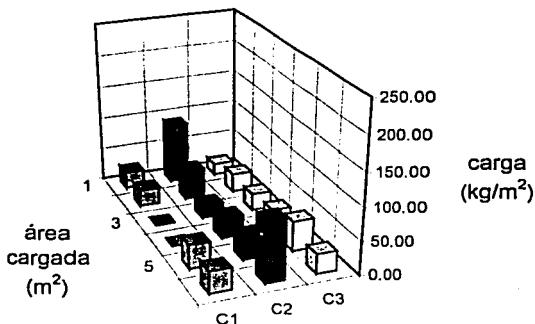
Multifamiliar Tolteca  
Figura 3.2.3.2.

|   |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 46.65 | 51.48 | 50.29 | 81.02 | 65.36 | 48.46 |
| 2 | 67.02 | 55.95 | 31.05 | 36.46 | 70.16 | 77.14 |
|   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |



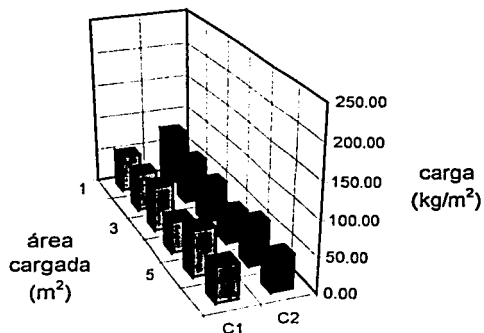
Multifamiliar Mixteco  
Figura 3.2.3.3.

|   |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 25.72 | 25.54 | 0.00  | 0.00  | 36.68 | 33.54 |
| 2 | 91.73 | 46.00 | 20.60 | 31.74 | 34.85 | 92.79 |
| 3 | 17.04 | 28.25 | 25.72 | 31.25 | 45.52 | 29.87 |
|   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |



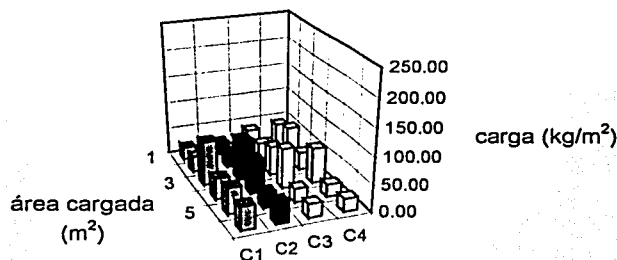
Multifamiliar Uruapan  
Figura 3.2.3.4.

|   |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 53.41 | 54.77 | 63.94 | 45.26 | 65.49 | 50.02 |
| 2 | 79.79 | 63.14 | 56.07 | 43.90 | 61.70 | 48.44 |
|   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |



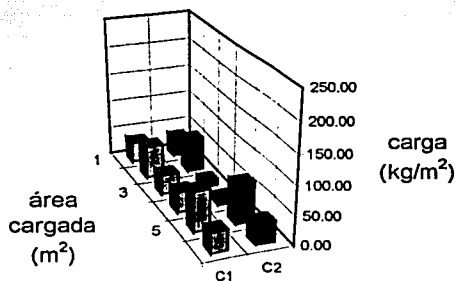
Multifamiliar Actopan  
Figura 3.2.3.5.

|   |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 23.06 | 29.37 | 81.80 | 39.03 | 48.73 | 43.68 |
| 2 | 24.02 | 27.99 | 77.86 | 63.05 | 28.82 | 39.43 |
| 3 | 39.53 | 36.24 | 53.39 | 74.28 | 25.40 | 25.41 |
| 4 | 43.69 | 58.22 | 32.86 | 65.23 | 22.96 | 24.33 |
|   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |



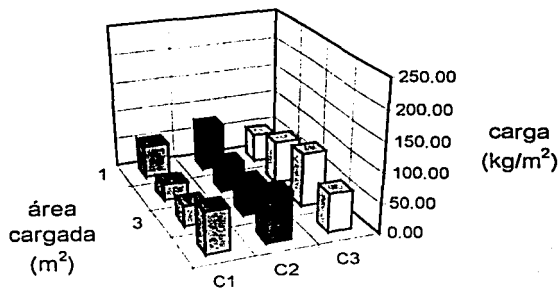
Multifamiliar Cuitzeo  
Figura 3.2.3.6.

|   |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 35.86 | 58.62 | 34.73 | 36.34 | 70.15 | 38.09 |
| 2 | 33.71 | 58.74 | 11.85 | 12.14 | 69.69 | 36.61 |
|   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |



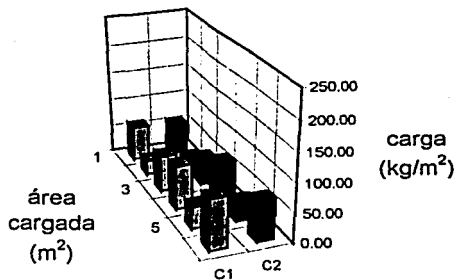
Multifamiliar Yuriria  
Figura 3.2.3.7.

|   |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 56.24 | 27.14 | 34.22 | 70.40 |
| 2 | 77.09 | 48.15 | 55.34 | 80.30 |
| 3 | 48.87 | 73.12 | 91.06 | 64.84 |
|   | 1     | 2     | 3     | 4     |



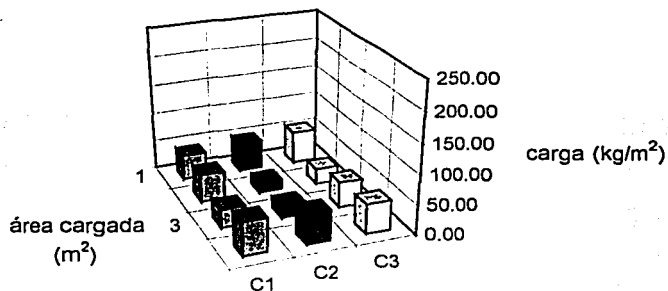
Multifamiliar El Pipila  
Figura 3.2.3.8.

|   |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 60.97 | 25.53 | 63.64 | 76.19 | 38.03 | 86.73 |
| 2 | 56.79 | 19.59 | 48.02 | 71.79 | 33.39 | 69.53 |
|   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |



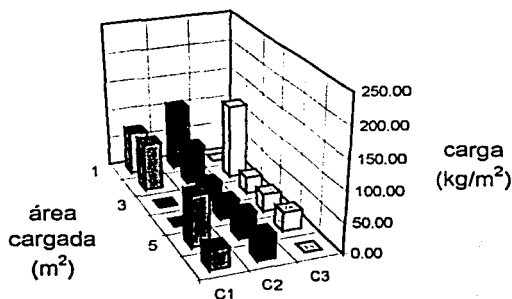
Multifamiliar Carpio  
Figura 3.2.3.9.

|   |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 42.45 | 48.12 | 31.76 | 57.10 |
| 2 | 50.14 | 19.00 | 21.29 | 51.83 |
| 3 | 55.81 | 26.39 | 43.84 | 50.44 |
|   | 1     | 2     | 3     | 4     |



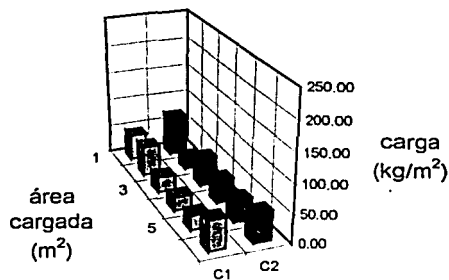
Multifamiliar Tres Guerras  
Figura 3.2.3.10.

|   |        |        |       |       |       |       |
|---|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 72.53  | 80.40  | 0.00  | 0.00  | 84.86 | 32.10 |
| 2 | 108.07 | 63.30  | 29.12 | 29.29 | 41.26 | 40.89 |
| 3 | 0.00   | 125.50 | 27.77 | 29.54 | 31.50 | 0.00  |
|   | 1      | 2      | 3     | 4     | 5     | 6     |



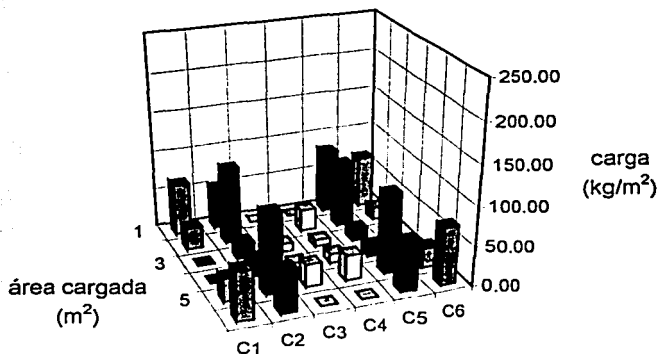
Multifamiliar Dolores  
Figura 3.2.3.11.

|   |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 45.31 | 51.62 | 27.72 | 23.81 | 26.14 | 52.73 |
| 2 | 70.17 | 21.69 | 49.86 | 41.37 | 39.52 | 51.66 |
|   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |



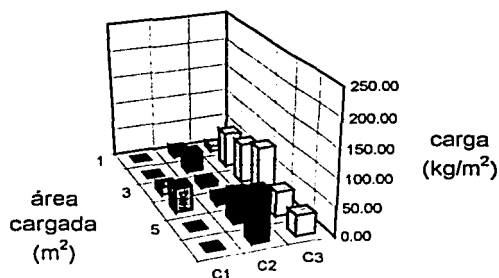
Multifamiliar Chapultepec  
Figura 3.2.3.12.

|   |       |       |       |       |        |       |
|---|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 1 | 65.26 | 27.67 | 0.00  | 0.00  | 29.12  | 81.92 |
| 2 | 53.13 | 97.15 | 20.89 | 22.13 | 101.91 | 54.30 |
| 3 | 0.00  | 33.03 | 10.44 | 7.77  | 28.60  | 0.00  |
| 4 | 0.00  | 27.62 | 7.87  | 11.67 | 31.71  | 0.00  |
| 5 | 81.34 | 82.90 | 15.25 | 14.10 | 101.96 | 62.98 |
| 6 | 66.19 | 16.20 | 0.00  | 0.00  | 25.74  | 73.41 |
|   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5      | 6     |



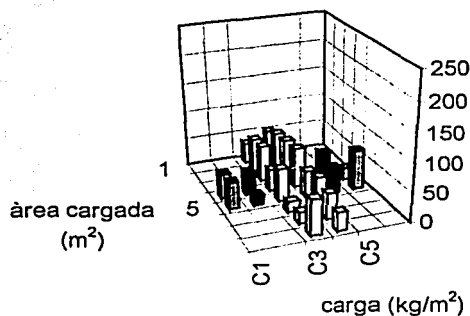
Multifamiliar Acatempa  
Figura 3.2.3.13.

|   |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0.00  | 0.00  | 14.11 | 44.99 | 0.00  | 0.00  |
| 2 | 12.88 | 35.44 | 9.55  | 13.35 | 53.77 | 89.47 |
| 3 | 9.47  | 62.42 | 70.97 | 93.14 | 44.23 | 36.19 |
|   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |



Multifamiliar Churubusco  
Figura 3.2.3.14.

|   |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 |       |       | 42.74 | 46.78 |       |       |       |       |
| 2 |       |       | 40.79 | 17.78 |       |       |       |       |
| 3 | 35.81 | 59.76 | 63.28 | 37.89 | 56.79 | 18.17 | 19.17 | 61.01 |
| 4 | 53.46 | 64.61 | 67.72 | 69.73 | 45.35 | 53.34 | 44.75 | 32.11 |
| 5 |       |       |       | 55.97 | 46.40 |       |       |       |
| 6 |       |       |       | 19.91 | 70.04 |       |       |       |
|   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |



Multifamiliar Escobedo  
Figura 3.2.3.15.

### 3.2.4. Área total de piso analizado

En la tabla 3.2.3.1. se muestra el área de piso analizado para cada planta tipo, así como el área básica para cada planta tipo y el área total utilizada en el estudio.

| Planta tipo                                           | Área ( m <sup>2</sup> ) | Área básica ( m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Multifamiliar Tarasco                                 | 105.90                  | 8.63                           |
| Multifamiliar Tolteca                                 | 228.68                  | 8.60                           |
| Multifamiliar Mixteco                                 | 120.98                  | 10.73                          |
| Multifamiliar Uruapan                                 | 124.92                  | 8.97                           |
| Multifamiliar Actopan                                 | 132.58                  | 10.28                          |
| Multifamiliar Cuitzeo                                 | 268.40                  | 10.33                          |
| Multifamiliar Yuriria                                 | 135.00                  | 10.52                          |
| Multifamiliar El Pipila                               | 137.88                  | 13.61                          |
| Multifamiliar Carpio                                  | 143.10                  | 10.62                          |
| Multifamiliar Tres Guerras                            | 144.00                  | 17.64                          |
| Multifamiliar Dolores                                 | 146.24                  | 10.59                          |
| Multifamiliar Chapultepec                             | 146.88                  | 14.51                          |
| Multifamiliar Acatempan                               | 307.76                  | 10.50                          |
| Multifamiliar Churubusco                              | 159.74                  | 10.57                          |
| Multifamiliar Escobedo                                | 321.96                  | 14.05                          |
| Área total de piso analizado = 2624.02 m <sup>2</sup> |                         |                                |

Tabla 3.2.3.1.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CARGAS SOSTENIDAS INSTANTÁNEAS

#### IV.1. Metodología

Con la estimación de las cargas sostenidas instantáneas obtenidas en el capítulo anterior para cada una de las áreas básicas de todas las plantas tipos, se hizo el análisis dividiendo estas cargas entre su área actuante, para obtener así la carga de las áreas básicas en  $\text{kg/m}^2$ . Con la obtención de estos datos se procedió al análisis estadístico, obteniendo los siguientes parámetros básicos:

- Media,  $\mu(\text{kg/m}^2)$
- Desviación estándar,  $\sigma (\text{kg/m}^2)$
- Varianza  $\sigma^2, (\text{kg/m}^2)^2$
- Coeficiente de variación, C.V.
- Coeficiente de asimetría,  $\gamma$

Una vez obtenidos estos para cada uno de los diferentes conjuntos de las áreas básicas, se ajustaron dos rectas, la primera fue un ajuste lineal de la varianza en función del inverso del área, la segunda fue un ajuste logarítmico del coeficiente de variación en función del área. Esta metodología se detalla en la siguiente sección.

#### IV.1.1 Obtención de los parámetros básicos.

Se tomó como área básica cada una las celdas en que se dividieron las plantas tipo proporcionadas por el INFONAVIT. Cabe mencionar que las áreas básicas deben ser del mismo tamaño para una planta tipo, en todos los casos estas fueron menores que  $18\text{m}^2$ . A continuación se describe la forma en que se obtuvieron los valores de  $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\sigma^2$ , C.V. y  $\gamma$ .

Para hacer la descripción de la metodología se utilizara el estudio de la planta tipo numero 2. Esta se dividió como se muestra en la figura 4.1.1.1, donde cada rectángulo representa un área básica.

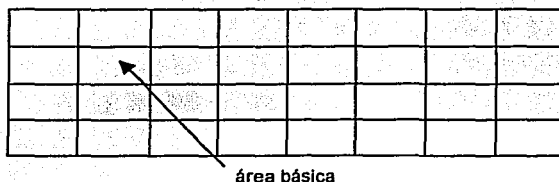


Figura 4.1.1.1

Una vez obtenido el croquis se colocaron los valores de las cargas actuantes ( $\text{kg/m}^2$ ), para obtener los valores de la media, la desviación estándar, la varianza, el coeficiente de

variación y el coeficiente de asimetría. En la planta tipo anterior, se obtienen los valores como los de la figura 4.1.1.2.

|       |       |       |        |        |       |       |       |
|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 16.71 | 40.76 | 63.12 | 52.43  | 56.59  | 73.14 | 37.25 | 8.99  |
| 32.47 | 74.06 | 50.32 | 100.55 | 121.25 | 58.15 | 81.30 | 31.17 |
| 40.72 | 73.63 | 75.19 | 64.27  | 58.19  | 65.12 | 68.01 | 37.05 |
| 20.38 | 34.90 | 91.48 | 34.90  | 33.43  | 78.44 | 44.22 | 26.18 |

Figura 4.1.1.2

aquí el numero de areas basicas es  $n=32$

$$n-1=32-1=31$$

La suma de todos los pesos en todas las áreas básicas es:

$$\begin{aligned}\Sigma x_i &= 20.38 + 40.72 + 32.47 + 16.71 + 34.90 + 73.63 + 74.06 + 40.76 + 91.48 + 75.19 + 50.32 \\ &\quad + 63.12 + 34.90 + 64.27 + 100.55 + 52.43 + 33.43 + 58.19 + 121.25 + 56.59 + 78.44 + 65.12 \\ &\quad + 58.15 + 73.14 + 44.22 + 68.01 + 81.30 + 37.25 + 26.18 + 37.05 + 31.17 + 8.99 \\ \Sigma x_i &= 1744.38\end{aligned}$$

$$\text{Media muestral } (\mu) = 1744.38/32 = 54.512 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned}\Sigma (x_i - \mu)^2 &= (20.38 - 54.512)^2 + (40.72 - 54.512)^2 + (32.47 - 54.512)^2 + (16.71 - 54.512)^2 + \\ &\quad (34.90 - 54.512)^2 + (73.63 - 54.512)^2 + (74.06 - 54.512)^2 + (40.76 - 54.512)^2 + \\ &\quad (91.48 - 54.512)^2 + (75.19 - 54.512)^2 + (50.32 - 54.512)^2 + (63.12 - 54.512)^2 + \\ &\quad (34.90 - 54.512)^2 + (64.27 - 54.512)^2 + (100.55 - 54.512)^2 + (52.43 - 54.512)^2 + \\ &\quad (33.43 - 54.512)^2 + (58.19 - 54.512)^2 + (121.25 - 54.512)^2 + (56.59 - 54.512)^2 + \\ &\quad (78.44 - 54.512)^2 + (65.12 - 54.512)^2 + (58.15 - 54.512)^2 + (73.14 - 54.512)^2 + \\ &\quad (44.22 - 54.512)^2 + (68.01 - 54.512)^2 + (81.30 - 54.512)^2 + (37.25 - 54.512)^2 + \\ &\quad (26.18 - 54.512)^2 + (37.05 - 54.512)^2 + (31.17 - 54.512)^2 + (8.99 - 54.512)^2 \\ \Sigma (x_i - \mu)^2 &= 20073.461\end{aligned}$$

$$\text{Varianza } (\sigma^2) = 20073.461/31 = 647.531 \text{ (kg/m}^2\text{)}^2$$

$$\text{Desviación Estándar } (\sigma) = \sqrt{647.531} = 25.447 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

Coefficiente de Variación(CV) =  $25.447 / 54.512 = 0.467 = 46.7 \%$

Coefficiente de Asimetría( $\gamma$ ) = 0.497

El procedimiento del cálculo de los parámetros básicos se sigue ahora tomando en cuenta conjuntos de áreas básicas de 2, de 4, de 8 y de 16. De cada uno de estos conjuntos se obtienen, de igual forma, sus parámetros básicos correspondientes.

El conjunto de las áreas básicas depende del número total de estas en la planta tipo en estudio, ya que estos conjuntos tendrán que ser múltiplos del número total de áreas básicas. Es por ello que en esta planta tipo se eligieron conjuntos de 2, 4, 8 y 16 los cuales son múltiplos de 32, que es el número total de áreas básicas en esta planta tipo.

Continuando con nuestro ejemplo, ahora el número de áreas básicas es  $n = 16$

|       |       |       |        |        |       |       |       |
|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 16.71 | 40.76 | 63.12 | 52.43  | 56.59  | 73.14 | 37.25 | 8.99  |
| 32.47 | 74.06 | 50.32 | 100.55 | 121.25 | 58.15 | 81.30 | 31.17 |
| 40.72 | 73.63 | 75.19 | 64.27  | 58.19  | 65.12 | 68.01 | 37.05 |
| 20.38 | 34.90 | 91.48 | 34.90  | 33.43  | 78.44 | 44.22 | 26.18 |

$$n-1 = 16-1 = 15$$

$$\begin{aligned}\Sigma x_i &= [(20.38 + 40.72) / 2] + [(16.71 + 32.47) / 2] + [(34.90 + 73.63) / 2] + [(40.76 + 74.06) / 2] + \\ &[(91.48 + 75.19) / 2] + [(50.32 + 63.12) / 2] + [(34.90 + 64.27) / 2] + [(100.55 + 52.43) / 2] + \\ &[(33.43 + 58.19) / 2] + [(121.25 + 56.59) / 2] + [(78.44 + 65.12) / 2] + [(58.15 + 73.14) / 2] + \\ &[(44.22 + 68.01) / 2] + [(81.30 + 37.25) / 2] + [(26.18 + 37.05) / 2] + [(31.17 + 8.99) / 2] = \\ &30.55 + 24.59 + 54.26 + 57.41 + 83.34 + 56.72 + 49.58 + 76.49 + 45.81 + 88.92 + 71.78 \\ &+ 65.65 + 56.12 + 59.28 + 31.61 + 20.08 \\ \Sigma x_i &= 872.19\end{aligned}$$

$$\text{Media muestral } (\mu) = 872.19 / 16 = 54.512 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

Para calcular la media muestral anterior se dividió la suma de las dos cargas entre dos, esto debido a que se está considerando un área básica doble. De manera similar se hace para tres o más áreas básicas.

$$\begin{aligned}\Sigma(x_i - \mu)^2 &= (30.55 - 54.512)^2 + (24.59 - 54.512)^2 + (54.26 - 54.512)^2 + (57.41 - 54.512)^2 + \\ &(83.34 - 54.512)^2 + (56.72 - 54.512)^2 + (49.58 - 54.512)^2 + (76.49 - 54.512)^2 + \\ &(45.81 - 54.512)^2 + (88.92 - 54.512)^2 + (71.78 - 54.512)^2 + (65.65 - 54.512)^2 + \\ &(56.12 - 54.512)^2 + (59.28 - 54.512)^2 + (31.61 - 54.512)^2 + (20.08 - 54.512)^2\end{aligned}$$

$$\Sigma(x_i - \mu)^2 = 6238.755$$

$$\text{Varianza}(\sigma^2) = 6238.755 / 15 = 415.917 \quad (\text{kg} / \text{m}^2)$$

$$\text{Desviación Estándar}(\sigma) = \sqrt{415.917} = 20.394 \quad (\text{kg} / \text{m}^2)$$

$$\text{Coeficiente de Variación}(\text{CV}) = 20.394 / 54.512 = 0.374 = 37.4 \quad \%$$

$$\text{Coeficiente de Asimetría}(\gamma) = -0.109$$

Ahora el número de áreas básicas es  $n = 8$

|       |       |       |        |        |       |       |       |
|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 16.71 | 40.76 | 63.12 | 52.43  | 56.59  | 73.14 | 37.25 | 8.99  |
| 32.47 | 74.06 | 50.32 | 100.55 | 121.25 | 58.15 | 81.30 | 31.17 |
| 40.72 | 73.63 | 75.19 | 64.27  | 58.19  | 65.12 | 68.01 | 37.05 |
| 20.38 | 34.90 | 91.48 | 34.90  | 33.43  | 78.44 | 44.22 | 26.18 |

$$n - 1 = 8 - 1 = 7$$

$$\begin{aligned}\Sigma x_i &= [(20.38 + 40.72 + 34.90 + 73.63) / 4] + [(16.71 + 32.47 + 74.06 + 40.76) / 4] + \\ &[(91.48 + 75.19 + 34.90 + 64.27) / 4] + [(50.32 + 63.12 + 100.55 + 52.43) / 4] + \\ &[(33.43 + 58.19 + 78.44 + 65.12) / 4] + [(121.25 + 56.59 + 58.15 + 73.14) / 4] + \\ &[(44.22 + 68.01 + 26.18 + 37.05) / 4] + [(81.30 + 37.25 + 31.17 + 8.99) / 4] = \\ &27.57 + 55.84 + 70.03 + 63.04 + 67.37 + 68.71 + 57.70 + 25.85\end{aligned}$$

$$\Sigma x_i = 436.10$$

$$\text{Media muestral} (\mu) = 436.10 / 8 = 54.512 \quad (\text{kg} / \text{m}^2)$$

$$\text{Varianza}(\sigma^2) = 2240.035 / 7 = 320.005 \quad (\text{kg} / \text{m}^2)^2$$

$$\text{Desviación Estándar}(\sigma) = \sqrt{320.005} = 17.889 \quad (\text{kg} / \text{m}^2)$$

Coefficiente de Variación(CV) =  $17.889 / 54.512 = 0.328 = 32.8 \%$

Coefficiente de Asimetría( $\gamma$ ) =  $-1.123$

Ahora el número de áreas básicas es  $n = 4$

|       |       |       |        |        |       |       |       |
|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 16.71 | 40.76 | 63.12 | 52.43  | 56.59  | 73.14 | 37.25 | 8.99  |
| 32.47 | 74.06 | 50.32 | 100.55 | 121.25 | 58.15 | 81.30 | 31.17 |
| 40.72 | 73.63 | 75.19 | 64.27  | 58.19  | 65.12 | 68.01 | 37.05 |
| 20.38 | 34.90 | 91.48 | 34.90  | 33.43  | 78.44 | 44.22 | 26.18 |

Varianza( $\sigma^2$ ) =  $653.943 / 3 = 217.981 \text{ (kg/m}^2\text{)}^2$

Desviación Estándar( $\sigma$ ) =  $\sqrt{217.981} = 14.764 \text{ (kg/m}^2\text{)}$

Coefficiente de Variación(CV) =  $14.764 / 54.512 = 0.271 = 27.1 \%$

Coefficiente de Asimetría( $\gamma$ ) =  $0.009$

Ahora el número de áreas básicas es  $n = 2$

|       |       |       |        |        |       |       |       |
|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 16.71 | 40.76 | 63.12 | 52.43  | 56.59  | 73.14 | 37.25 | 8.99  |
| 32.47 | 74.06 | 50.32 | 100.55 | 121.25 | 58.15 | 81.30 | 31.17 |
| 40.72 | 73.63 | 75.19 | 64.27  | 58.19  | 65.12 | 68.01 | 37.05 |
| 20.38 | 34.90 | 91.48 | 34.90  | 33.43  | 78.44 | 44.22 | 26.18 |

$$n - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$\begin{aligned} \Sigma x_i &= [(20.38 + 40.72 + 32.47 + 16.71 + 34.90 + 73.63 + 74.06 + 40.76 + 91.48 + 75.19 + 50.32 \\ &\quad + 63.12 + 34.90 + 64.27 + 100.55 + 52.43) / 16] + [(33.43 + 58.19 + 121.25 + 56.59 + 78.44 \\ &\quad + 65.12 + 58.15 + 73.14 + 44.22 + 68.01 + 81.30 + 37.25 + 26.18 + 37.05 + 31.17 + 8.99) / 16] \\ &= 54.12 + 54.91 \end{aligned}$$

$$\Sigma x_i = 109.52$$

Media muestral ( $\mu$ ) =  $109.52 / 2 = 54.512 \text{ (Kg/m}^2\text{)}$

$$\text{Varianza}(\sigma^2) = 0.310 / 1 = 0.310 \text{ (kg/m}^2\text{)}^2$$

$$\text{Desviación Estándar}(\sigma) = \sqrt{0.310} = 0.557 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

$$\text{Coeficiente de Variación(CV)} = 0.557 / 54.512 = 0.010 = 1.0 \%$$

$$\text{Coeficiente de Asimetría}(\gamma) = \text{indefinido}$$

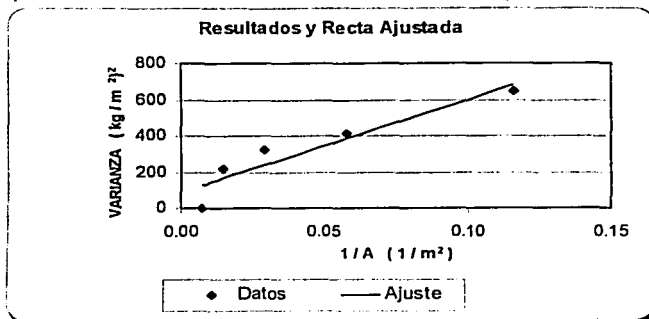
Una vez terminado de obtener los parámetros básicos, para los diferentes conjuntos de áreas básicas, se procede a obtener las graficas correspondientes de los datos que se obtuvieron previamente. Estos se encuentran contenidos en la tabla 4.1.1

| Número de áreas                               | 32.000  | 16.000  | 8.000   | 4.000   | 2.000   |
|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Área (m <sup>2</sup> )                        | 8.607   | 17.214  | 34.428  | 68.856  | 137.712 |
| 1 / A (1 / m <sup>2</sup> )                   | 0.116   | 0.058   | 0.029   | 0.015   | 0.007   |
| Media (kg. / m <sup>2</sup> )                 | 54.512  | 54.512  | 54.512  | 54.512  | 54.512  |
| Varianza (kg. / m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | 647.531 | 415.917 | 320.005 | 217.981 | 0.310   |
| Desv. Est. (kg / m <sup>2</sup> )             | 25.447  | 20.394  | 17.889  | 14.764  | 0.557   |
| Coef. de Variación                            | 0.467   | 0.374   | 0.328   | 0.271   | 0.010   |
| Coef. de Asimetría                            | 0.497   | -0.109  | -1.123  | 0.009   | ****    |

Tabla 4.1.1

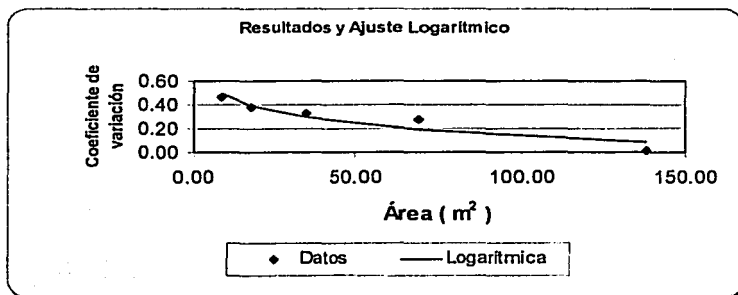
#### IV.1.2 Ajuste de resultados

Con los valores de la Tabla 4.1.1 se ajustaran dos rectas una lineal con los valores de las varianzas en las ordenadas contra los valores del inverso del área en las abscisas y otra logarítmica con los valores de los coeficientes de variación en las ordenadas contra los valores del área en las abscisas. En la figura 4.1.2.1 se presentan las graficas y las ecuaciones resultantes de los respectivos ajustes realizados. Los puntos que se encuentran dispersos son los datos de los cuales se hizo el ajuste en ambos casos.



| 1/ A   | $\sigma^2$ (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Ajuste   |
|--------|----------------------------------------------|----------|
| 0.0073 | 0.3098                                       | 129.0771 |
| 0.0145 | 217.9811                                     | 165.8600 |
| 0.0290 | 320.0047                                     | 239.4260 |
| 0.0581 | 415.9166                                     | 386.5580 |
| 0.1162 | 847.5307                                     | 680.8219 |

| Ecuación del ajuste lineal |          |            |
|----------------------------|----------|------------|
| Y =                        | 5065.459 | X + 92.294 |



| Área     | C. V.  | Ajuste |
|----------|--------|--------|
| 8.6070   | 0.4668 | 0.4933 |
| 17.2140  | 0.3741 | 0.3917 |
| 34.4280  | 0.3282 | 0.2900 |
| 68.8560  | 0.2708 | 0.1884 |
| 137.7120 | 0.0102 | 0.0867 |

| Ecuación del ajuste logarítmico |        |               |
|---------------------------------|--------|---------------|
| Y =                             | -0.147 | LN(X) + 0.809 |

Figura 4.1.2.1

## IV.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

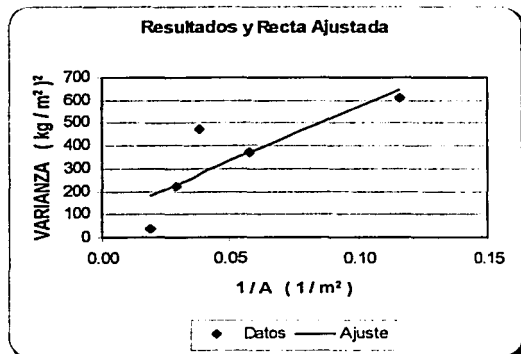
En esta parte se presentan los resultados del análisis de cada una de las plantas tipos, así como el resultado del análisis de las quince plantas tipos en conjunto de donde se obtendrán los datos para alimentar el programa de simulación, del que se hablará más adelante.

### IV.2.1. Resultados del análisis de cada planta tipo.

Los resultados se presentan en la figuras 4.2.1.1 a la 4.2.1.15

# ESTUDIO DE LA PLANTA TIPO UNO

| Número de Área | Área básica (m <sup>2</sup> ) 8.63 |        |        |        |        |
|----------------|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 1.00           | 48.29                              |        |        |        |        |
| 2.00           | 17.36                              |        |        |        |        |
| 3.00           | 34.73                              |        |        |        |        |
| 4.00           | 91.07                              |        |        |        |        |
| 5.00           | 77.59                              |        |        |        |        |
| 6.00           | 84.97                              |        |        |        |        |
| 7.00           | 63.86                              | 32.82  |        |        |        |
| 8.00           | 61.32                              | 62.90  |        |        |        |
| 9.00           | 40.54                              | 81.28  | 33.46  |        |        |
| 10.00          | 75.72                              | 62.59  | 84.54  | 47.86  |        |
| 11.00          | 43.93                              | 58.13  | 55.24  | 71.94  | 59.00  |
| 12.00          | 19.62                              | 31.78  | 46.43  | 44.95  | 50.83  |
|                | 659.01                             | 329.50 | 219.67 | 164.75 | 109.83 |



| Número de áreas                              | 12.000  | 6.000   | 4.000   | 3.000   | 2.000  |
|----------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Área (m <sup>2</sup> )                       | 8.630   | 17.260  | 25.890  | 34.520  | 51.780 |
| 1/A (1/m <sup>2</sup> )                      | 0.116   | 0.058   | 0.039   | 0.029   | 0.019  |
| Media (Kg / m <sup>2</sup> )                 | 54.917  | 54.917  | 54.917  | 54.917  | 54.917 |
| Varianza (Kg / m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | 610.353 | 370.319 | 470.116 | 219.328 | 33.371 |
| Desv. Est. (Kg / m <sup>2</sup> )            | 24.705  | 19.244  | 21.682  | 14.810  | 5.777  |
| Coef. de Variación                           | 0.450   | 0.350   | 0.395   | 0.270   | 0.105  |
| Coef. de Asimetría                           | -0.099  | -0.163  | 1.015   | 1.657   | ****   |

| 1/A    | σ <sup>2</sup> (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Ajuste   |
|--------|--------------------------------------------------|----------|
| 0.0193 | 33.3709                                          | 181.8601 |
| 0.0290 | 219.3284                                         | 228.5769 |
| 0.0386 | 470.1163                                         | 275.2938 |
| 0.0579 | 370.3191                                         | 368.7276 |
| 0.1159 | 610.3526                                         | 649.0288 |

Ecuación del ajuste lineal  

$$Y = 4837.999 X + 88.426$$

| Área    | C. V.  | Ajuste |
|---------|--------|--------|
| 8.6300  | 0.4499 | 0.4840 |
| 17.2600 | 0.3504 | 0.3654 |
| 25.8900 | 0.3948 | 0.2961 |
| 34.5200 | 0.2697 | 0.2469 |
| 51.7800 | 0.1052 | 0.1775 |

Ecuación del ajuste logarítmico  

$$Y = -0.171 \ln(X) + 0.853$$

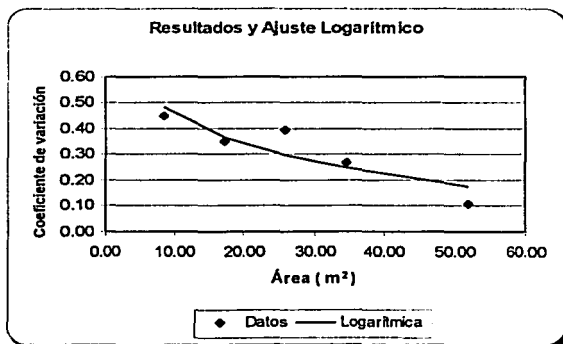
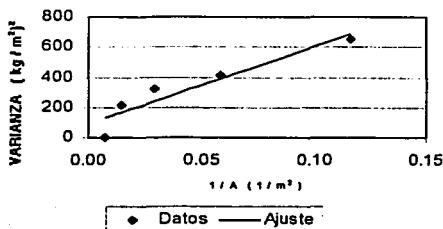


Figura 4.2.1.1

ESTUDIO DE LA PLANTA TIPO DOS

| Número de Área |         | Área básica (m <sup>2</sup> ) = 8.607 |        |        |        |
|----------------|---------|---------------------------------------|--------|--------|--------|
| 1.00           | 20.38   |                                       |        |        |        |
| 2.00           | 40.72   |                                       |        |        |        |
| 3.00           | 32.47   |                                       |        |        |        |
| 4.00           | 16.71   |                                       |        |        |        |
| 5.00           | 34.90   |                                       |        |        |        |
| 6.00           | 73.63   |                                       |        |        |        |
| 7.00           | 74.06   |                                       |        |        |        |
| 8.00           | 40.76   |                                       |        |        |        |
| 9.00           | 91.48   |                                       |        |        |        |
| 10.00          | 75.19   |                                       |        |        |        |
| 11.00          | 50.32   |                                       |        |        |        |
| 12.00          | 63.12   |                                       |        |        |        |
| 13.00          | 34.90   |                                       |        |        |        |
| 14.00          | 64.27   |                                       |        |        |        |
| 15.00          | 100.55  |                                       |        |        |        |
| 16.00          | 52.43   |                                       |        |        |        |
| 17.00          | 33.43   | 30.55                                 |        |        |        |
| 18.00          | 58.19   | 24.59                                 |        |        |        |
| 19.00          | 121.25  | 54.26                                 |        |        |        |
| 20.00          | 56.59   | 57.41                                 |        |        |        |
| 21.00          | 78.44   | 83.34                                 |        |        |        |
| 22.00          | 65.12   | 56.72                                 |        |        |        |
| 23.00          | 58.15   | 49.58                                 |        |        |        |
| 24.00          | 73.14   | 76.49                                 |        |        |        |
| 25.00          | 44.22   | 45.81                                 | 27.57  |        |        |
| 26.00          | 68.01   | 88.92                                 | 55.84  |        |        |
| 27.00          | 81.30   | 71.78                                 | 70.03  |        |        |
| 28.00          | 37.25   | 65.65                                 | 63.04  |        |        |
| 29.00          | 26.18   | 56.12                                 | 67.37  | 41.70  |        |
| 30.00          | 37.05   | 59.28                                 | 68.71  | 66.53  |        |
| 31.00          | 31.17   | 31.61                                 | 57.70  | 68.04  | 54.12  |
| 32.00          | 8.99    | 20.08                                 | 25.85  | 41.77  | 54.91  |
|                | 1744.38 | 872.19                                | 436.10 | 218.05 | 109.02 |

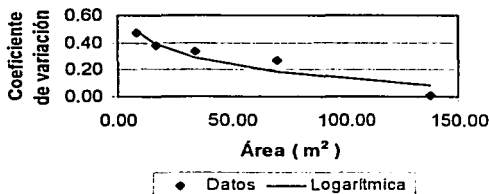
Resultados y Recta Ajustada



| 1/A    | $\sigma^2$ (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Ajuste   |
|--------|----------------------------------------------|----------|
| 0.0073 | 0.3098                                       | 129.0771 |
| 0.0145 | 217.9811                                     | 165.8600 |
| 0.0290 | 320.0047                                     | 239.4260 |
| 0.0581 | 415.9168                                     | 386.5580 |
| 0.1162 | 647.5307                                     | 680.8219 |

Ecuación del ajuste lineal  
Y = 5065.459 X + 92.294

Resultados y Ajuste Logarítmico



| Número de áreas                             | 32.000  | 16.000  | 8.000   | 4.000   | 2.000   |
|---------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Área (m <sup>2</sup> )                      | 8.607   | 17.214  | 34.428  | 68.856  | 137.712 |
| 1/A (1/m <sup>2</sup> )                     | 0.116   | 0.058   | 0.029   | 0.015   | 0.007   |
| Media (Kg./m <sup>2</sup> )                 | 54.512  | 54.512  | 54.512  | 54.512  | 54.512  |
| Varianza (Kg./m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | 647.531 | 415.917 | 320.005 | 217.981 | 0.310   |
| Desv. Est. (Kg./m <sup>2</sup> )            | 25.447  | 20.394  | 17.889  | 14.764  | 0.557   |
| Coef. de Variación                          | 0.467   | 0.374   | 0.328   | 0.271   | 0.010   |
| Coef. de Asimetría                          | 0.497   | -0.109  | -1.123  | 0.009   | ----    |

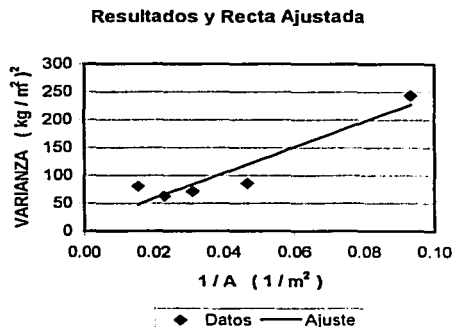
| Área     | C. V.  | Ajuste |
|----------|--------|--------|
| 8.6070   | 0.4668 | 0.4933 |
| 17.2140  | 0.3741 | 0.3917 |
| 34.4280  | 0.3282 | 0.2900 |
| 68.8560  | 0.2708 | 0.1884 |
| 137.7120 | 0.0102 | 0.0867 |

Ecuación del ajuste logarítmico  
Y = -0.147 LN(X) + 0.809

Figura 4.2.1.2

ESTUDIO DE LA PLANTA TIPO TRES

| Número de Área | Área básica (m <sup>2</sup> ) 10.73 |        |        |        |        |
|----------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 1.00           | 46.65                               |        |        |        |        |
| 2.00           | 67.02                               |        |        |        |        |
| 3.00           | 51.48                               |        |        |        |        |
| 4.00           | 55.95                               |        |        |        |        |
| 5.00           | 50.29                               |        |        |        |        |
| 6.00           | 31.05                               |        |        |        |        |
| 7.00           | 81.02                               | 56.83  |        |        |        |
| 8.00           | 36.46                               | 53.71  |        |        |        |
| 9.00           | 65.36                               | 40.67  | 55.05  |        |        |
| 10.00          | 70.16                               | 58.74  | 45.76  | 55.27  |        |
| 11.00          | 48.46                               | 67.76  | 60.94  | 49.70  | 50.40  |
| 12.00          | 77.14                               | 62.80  | 65.25  | 65.28  | 63.10  |
|                | 681.02                              | 340.51 | 227.01 | 170.25 | 113.50 |



| Número de áreas                              | 12.000  | 6.000  | 4.000  | 3.000  | 2.000  |
|----------------------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Área (m <sup>2</sup> )                       | 10.730  | 21.460 | 32.190 | 42.920 | 64.380 |
| 1/A (1/m <sup>2</sup> )                      | 0.093   | 0.047  | 0.031  | 0.023  | 0.016  |
| Media (Kg / m <sup>2</sup> )                 | 56.752  | 56.752 | 56.752 | 56.752 | 56.752 |
| Varianza (Kg / m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | 243.424 | 85.934 | 71.197 | 62.301 | 80.579 |
| Desv. Est. (Kg / m <sup>2</sup> )            | 15.602  | 9.270  | 8.438  | 7.893  | 8.977  |
| Coef. de Variación                           | 0.275   | 0.163  | 0.149  | 0.139  | 0.158  |
| Coef. de Asimetría                           | -0.013  | -0.989 | -0.716 | 0.813  | ****   |

| 1/A    | σ <sup>2</sup> (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Ajuste   |
|--------|--------------------------------------------------|----------|
| 0.0155 | 80.5787                                          | 47.6273  |
| 0.0233 | 62.3011                                          | 65.5861  |
| 0.0311 | 71.1974                                          | 83.5449  |
| 0.0466 | 85.9341                                          | 119.4624 |
| 0.0932 | 243.4244                                         | 227.2151 |

| Ecuación del ajuste lineal |          |            |
|----------------------------|----------|------------|
| Y                          | 2312.372 | X + 11.710 |

| Área    | C. V.  | Ajuste |
|---------|--------|--------|
| 10.7300 | 0.2749 | 0.2436 |
| 21.4600 | 0.1633 | 0.1970 |
| 32.1900 | 0.1487 | 0.1698 |
| 42.9200 | 0.1391 | 0.1505 |
| 64.3800 | 0.1582 | 0.1233 |

| Ecuación del ajuste logarítmico |                |       |
|---------------------------------|----------------|-------|
| Y =                             | -0.067 LN(X) + | 0.403 |

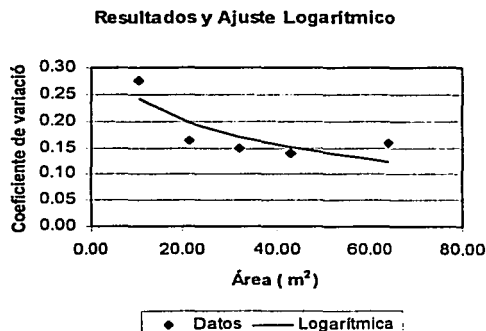


Figura 4.2.1.3

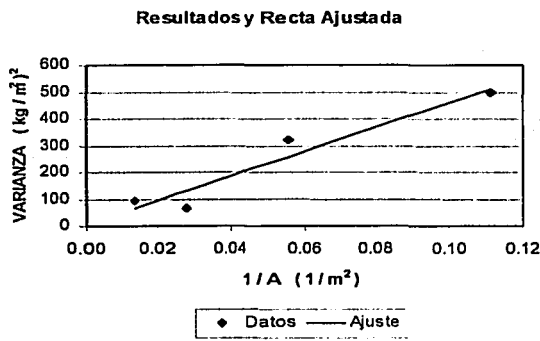
ESTUDIO DE LA PLANTA TIPO CUATRO

| Número de Área | Área básica (m <sup>2</sup> ) | 8.97   |
|----------------|-------------------------------|--------|
| 1.00           | 91.73                         |        |
| 2.00           | 46.00                         |        |
| 3.00           | 20.60                         |        |
| 4.00           | 31.74                         |        |
| 5.00           | 34.85                         |        |
| 6.00           | 92.79                         |        |
| 7.00           | 17.04                         |        |
| 8.00           | 28.25                         |        |
| 9.00           | 25.72                         | 68.86  |
| 10.00          | 31.25                         | 26.17  |
| 11.00          | 45.52                         | 63.82  |
| 12.00          | 29.87                         | 22.64  |
| 13.00          | 25.72                         | 28.48  |
| 14.00          | 25.54                         | 37.69  |
| 15.00          | 36.68                         | 25.63  |
| 16.00          | 33.54                         | 35.11  |
|                | 616.83                        | 308.42 |
|                |                               | 154.21 |
|                |                               | 77.10  |

| Número de áreas                            | 16.000  | 8.000   | 4.000  | 2.000  |
|--------------------------------------------|---------|---------|--------|--------|
| Área (m <sup>2</sup> )                     | 8.970   | 17.940  | 35.880 | 71.760 |
| 1/A (1/m <sup>2</sup> )                    | 0.111   | 0.056   | 0.028  | 0.014  |
| Media (Kg/m <sup>2</sup> )                 | 38.552  | 38.552  | 38.552 | 38.552 |
| Varianza (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | 498.750 | 320.658 | 66.361 | 93.103 |
| Desv. Est. (Kg/m <sup>2</sup> )            | 22.333  | 17.907  | 8.146  | 9.649  |
| Coef. de Variación                         | 0.579   | 0.464   | 0.211  | 0.250  |
| Coef. de Asimetría                         | 1.956   | 1.156   | 0.138  | ----   |

| Área    | C. V.  | Ajuste |
|---------|--------|--------|
| 8.9700  | 0.5793 | 0.5624 |
| 17.9400 | 0.4645 | 0.4383 |
| 35.8800 | 0.2113 | 0.3143 |
| 71.7600 | 0.2503 | 0.1903 |

Ecuación del ajuste logarítmico  
 $Y = -0.179 \ln(X) + 0.955$



| 1/A    | $\sigma^2$ (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Ajuste   |
|--------|----------------------------------------------|----------|
| 0.0139 | 93.1026                                      | 67.2078  |
| 0.0279 | 66.3607                                      | 130.7797 |
| 0.0557 | 320.6578                                     | 257.9233 |
| 0.1115 | 498.7502                                     | 512.2105 |

Ecuación del ajuste lineal  
 $Y = 4561.913 X + 3.636$

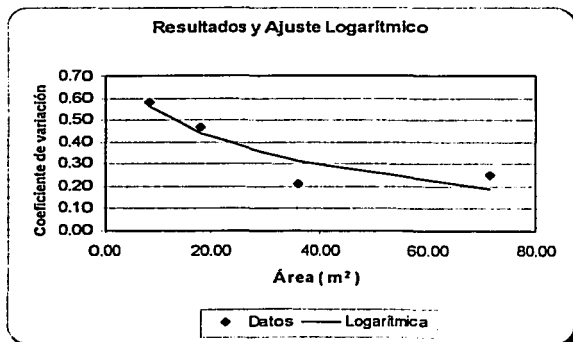
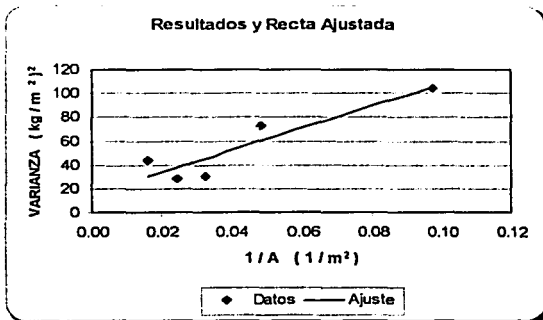


Figura 4.2.1.4

ESTUDIO DE LA PLANTA TIPO CINCO

| Número de Área | Área básica (m <sup>2</sup> ) 10.281 |        |        |        |        |
|----------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 1.00           | 53.41                                |        |        |        |        |
| 2.00           | 79.79                                |        |        |        |        |
| 3.00           | 54.77                                |        |        |        |        |
| 4.00           | 63.14                                |        |        |        |        |
| 5.00           | 63.94                                |        |        |        |        |
| 6.00           | 56.07                                |        |        |        |        |
| 7.00           | 45.26                                | 66.60  |        |        |        |
| 8.00           | 43.90                                | 58.96  |        |        |        |
| 9.00           | 65.49                                | 60.01  | 62.66  |        |        |
| 10.00          | 61.70                                | 44.58  | 61.05  | 62.78  |        |
| 11.00          | 50.02                                | 63.60  | 51.55  | 52.29  | 61.86  |
| 12.00          | 48.44                                | 49.23  | 53.39  | 56.41  | 52.47  |
|                | 685.94                               | 342.97 | 228.65 | 171.49 | 114.32 |



| Número de áreas                            | 12.000  | 6.000  | 4.000  | 3.000  | 2.000  |
|--------------------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Área (m <sup>2</sup> )                     | 10.281  | 20.562 | 30.843 | 41.124 | 61.686 |
| 1/A (1/m <sup>2</sup> )                    | 0.097   | 0.049  | 0.032  | 0.024  | 0.016  |
| Media (Kg/m <sup>2</sup> )                 | 57.162  | 57.162 | 57.162 | 57.162 | 57.162 |
| Varianza (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | 104.482 | 72.618 | 30.367 | 27.905 | 44.060 |
| Desv. Est. (Kg/m <sup>2</sup> )            | 10.222  | 8.522  | 5.511  | 5.283  | 6.638  |
| Coef. de Variación                         | 0.179   | 0.149  | 0.096  | 0.092  | 0.116  |
| Coef. de Asimetría                         | 0.783   | -0.657 | -0.022 | 0.625  | ****   |

| 1/A    | σ <sup>2</sup> (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Ajuste   |
|--------|--------------------------------------------------|----------|
| 0.0162 | 44.0599                                          | 30.3938  |
| 0.0243 | 27.9049                                          | 37.8915  |
| 0.0324 | 30.3665                                          | 45.3893  |
| 0.0486 | 72.6182                                          | 60.3851  |
| 0.0973 | 104.4821                                         | 105.3722 |

| Ecuación del ajuste lineal |         |            |
|----------------------------|---------|------------|
| Y                          | 925.025 | X + 15.398 |

| Área    | C. V.  | Ajuste |
|---------|--------|--------|
| 10.2810 | 0.1788 | 0.1708 |
| 20.5620 | 0.1491 | 0.1399 |
| 30.8430 | 0.0964 | 0.1219 |
| 41.1240 | 0.0924 | 0.1091 |
| 61.6860 | 0.1161 | 0.0911 |

| Ecuación del ajuste logarítmico |                |       |
|---------------------------------|----------------|-------|
| Y =                             | -0.044 LN(X) + | 0.274 |

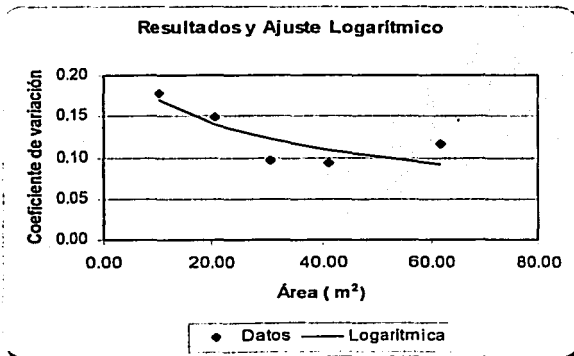


Figura 4.2.1.5

ESTUDIO DE LA PLANTA TIPO SEIS

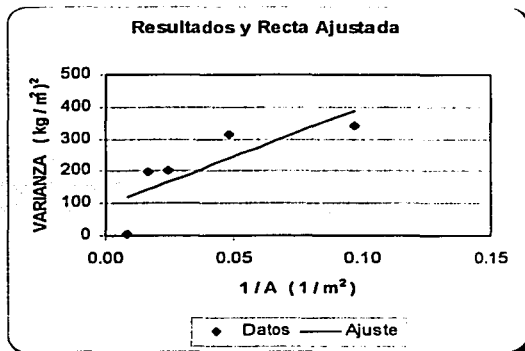
| Número de Área | Área básica (m <sup>2</sup> ) = 10.33 |        |        |        |
|----------------|---------------------------------------|--------|--------|--------|
| 1.00           | 23.60                                 |        |        |        |
| 2.00           | 24.02                                 |        |        |        |
| 3.00           | 39.53                                 |        |        |        |
| 4.00           | 43.69                                 |        |        |        |
| 5.00           | 29.37                                 |        |        |        |
| 6.00           | 27.99                                 |        |        |        |
| 7.00           | 36.24                                 |        |        |        |
| 8.00           | 58.22                                 |        |        |        |
| 9.00           | 81.80                                 |        |        |        |
| 10.00          | 77.86                                 |        |        |        |
| 11.00          | 53.39                                 |        |        |        |
| 12.00          | 32.86                                 |        |        |        |
| 13.00          | 39.03                                 | 23.81  |        |        |
| 14.00          | 63.05                                 | 41.61  |        |        |
| 15.00          | 74.28                                 | 28.68  |        |        |
| 16.00          | 65.23                                 | 47.23  |        |        |
| 17.00          | 48.73                                 | 79.83  |        |        |
| 18.00          | 28.82                                 | 43.12  |        |        |
| 19.00          | 25.40                                 | 51.04  | 32.71  |        |
| 20.00          | 22.96                                 | 69.75  | 37.96  |        |
| 21.00          | 43.68                                 | 38.78  | 61.48  | 31.37  |
| 22.00          | 39.43                                 | 24.18  | 60.40  | 56.73  |
| 23.00          | 25.41                                 | 41.56  | 31.48  | 53.19  |
| 24.00          | 24.33                                 | 24.87  | 33.21  | 30.20  |
|                | 1028.92                               | 514.46 | 257.23 | 171.49 |
|                |                                       |        |        | 85.74  |

| Número de áreas                              | 24.000 | 12.000  | 6.000   | 4.000   | 2.000   |
|----------------------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Área (m <sup>2</sup> )                       | 10.330 | 20.660  | 41.320  | 61.980  | 123.960 |
| 1/A (1/m <sup>2</sup> )                      | 0.097  | 0.048   | 0.024   | 0.016   | 0.008   |
| Media (Kg / m <sup>2</sup> )                 | 42.872 | 42.872  | 42.872  | 42.872  | 42.872  |
| Varianza (Kg / m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | 342.43 | 312.073 | 200.770 | 197.124 | 2.767   |
| Desv. Est. (Kg / m <sup>2</sup> )            | 18.505 | 17.666  | 14.169  | 14.040  | 1.663   |
| Coef. de Variación                           | 0.432  | 0.412   | 0.331   | 0.327   | 0.039   |
| Coef. de Asimetría                           | 0.812  | 0.956   | 0.873   | 0.049   | ***     |

| Área     | C. V.  | Ajuste |
|----------|--------|--------|
| 10.3300  | 0.4316 | 0.4903 |
| 20.6600  | 0.4121 | 0.3909 |
| 41.3200  | 0.3305 | 0.2916 |
| 61.9800  | 0.3275 | 0.2335 |
| 123.9600 | 0.0388 | 0.1342 |

Ecuación del ajuste logarítmico  

$$Y = -0.143 \ln(X) + 0.925$$



| 1/A    | $\sigma^2$ (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Ajuste   |
|--------|----------------------------------------------|----------|
| 0.0081 | 2.7671                                       | 118.6313 |
| 0.0161 | 197.1245                                     | 142.9474 |
| 0.0242 | 200.7704                                     | 167.2634 |
| 0.0484 | 312.0735                                     | 240.2115 |
| 0.0968 | 342.4258                                     | 386.1077 |

Ecuación del ajuste lineal  

$$Y = 3014.22 X + 94.315$$

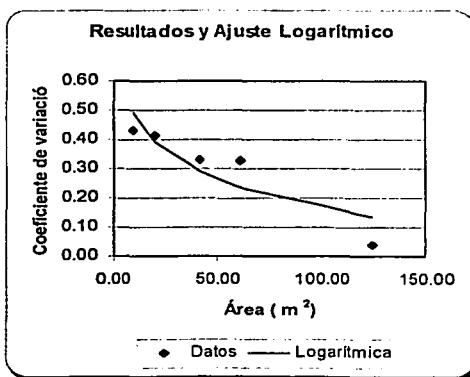
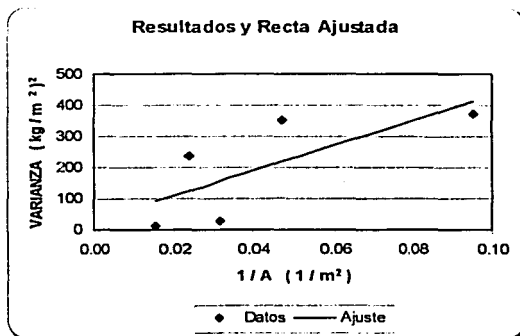


Figura 4.2.1.6

ESTUDIO DE LA PLANTA TIPO SIETE

| Número de Área | Área básica (m <sup>2</sup> ) 10.519 |        |        |        |
|----------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| 1.00           | 35.86                                |        |        |        |
| 2.00           | 33.71                                |        |        |        |
| 3.00           | 56.62                                |        |        |        |
| 4.00           | 58.74                                |        |        |        |
| 5.00           | 34.73                                |        |        |        |
| 6.00           | 11.85                                |        |        |        |
| 7.00           | 36.34                                | 34.79  |        |        |
| 8.00           | 12.14                                | 57.68  |        |        |
| 9.00           | 70.15                                | 23.29  | 42.07  |        |
| 10.00          | 69.69                                | 24.24  | 35.11  | 46.23  |
| 11.00          | 36.09                                | 69.92  | 39.54  | 23.76  |
| 12.00          | 36.61                                | 36.35  | 47.46  | 53.14  |
|                | 492.54                               | 246.27 | 164.18 | 123.13 |
|                |                                      |        |        | 82.09  |



| Número de áreas                            | 12.000  | 6.000   | 4.000  | 3.000   | 2.000  |
|--------------------------------------------|---------|---------|--------|---------|--------|
| Área (m <sup>2</sup> )                     | 10.519  | 21.038  | 31.557 | 42.076  | 63.114 |
| 1/A (1/m <sup>2</sup> )                    | 0.095   | 0.048   | 0.032  | 0.024   | 0.016  |
| Media (Kg/m <sup>2</sup> )                 | 41.045  | 41.045  | 41.045 | 41.045  | 41.045 |
| Varianza (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | 372.587 | 353.914 | 26.677 | 235.854 | 12.088 |
| Desv. Est. (Kg/m <sup>2</sup> )            | 19.303  | 18.813  | 5.165  | 15.358  | 3.476  |
| Coef. de Variación                         | 0.470   | 0.458   | 0.126  | 0.374   | 0.085  |
| Coef. de Asimetría                         | 0.112   | 0.811   | 0.258  | -1.347  | ****   |

| 1/A    | $\sigma^2$ (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Ajuste   |
|--------|----------------------------------------------|----------|
| 0.0158 | 12.0860                                      | 91.1522  |
| 0.0238 | 235.8543                                     | 123.2261 |
| 0.0317 | 26.5769                                      | 155.3001 |
| 0.0475 | 353.9138                                     | 219.4480 |
| 0.0951 | 372.5873                                     | 411.8918 |

Ecuación del ajuste lineal

$$Y = 4048.632 X + 27.004$$

| Área    | C. V.  | Ajuste |
|---------|--------|--------|
| 10.5190 | 0.4703 | 0.5024 |
| 21.0380 | 0.4583 | 0.3631 |
| 31.5570 | 0.1256 | 0.2816 |
| 42.0760 | 0.3742 | 0.2238 |
| 63.1140 | 0.0847 | 0.1423 |

Ecuación del ajuste logarítmico

$$Y = -0.201 \ln(X) + 0.975$$

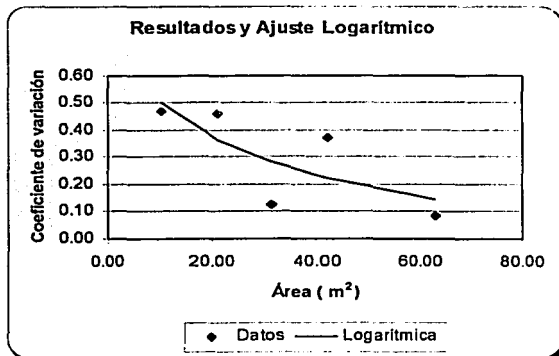
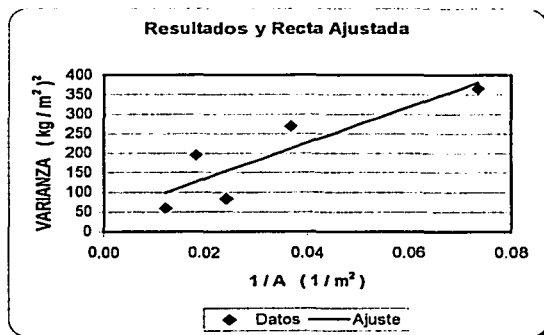


Figura 4.2.1.7

ESTUDIO DE LA PLANTA TIPO OCHO

| Número de Área | Área básica (m <sup>2</sup> ) 13.61 |        |        |        |        |
|----------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 1.00           | 56.24                               |        |        |        |        |
| 2.00           | 77.09                               |        |        |        |        |
| 3.00           | 48.87                               |        |        |        |        |
| 4.00           | 27.14                               |        |        |        |        |
| 5.00           | 48.15                               |        |        |        |        |
| 6.00           | 73.12                               |        |        |        |        |
| 7.00           | 34.22                               | 66.66  |        |        |        |
| 8.00           | 55.34                               | 38.01  |        |        |        |
| 9.00           | 91.06                               | 60.63  | 60.73  |        |        |
| 10.00          | 70.40                               | 44.78  | 49.47  | 52.34  |        |
| 11.00          | 80.30                               | 80.73  | 60.20  | 52.71  | 55.10  |
| 12.00          | 64.84                               | 72.57  | 71.84  | 76.65  | 66.02  |
|                | 726.76                              | 363.38 | 242.25 | 181.69 | 121.13 |



| Número de áreas                              | 12.000  | 6.000   | 4.000  | 3.000   | 2.000  |
|----------------------------------------------|---------|---------|--------|---------|--------|
| Área (m <sup>2</sup> )                       | 13.610  | 27.220  | 40.830 | 54.440  | 81.660 |
| 1 / A (1 / m <sup>2</sup> )                  | 0.073   | 0.037   | 0.024  | 0.018   | 0.012  |
| Media (Kg / m <sup>2</sup> )                 | 60.563  | 60.563  | 60.563 | 60.563  | 60.563 |
| Varianza (Kg / m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | 364.827 | 269.191 | 83.496 | 194.078 | 59.658 |
| Desv. Est. (Kg / m <sup>2</sup> )            | 19.100  | 16.407  | 9.138  | 13.931  | 7.724  |
| Coef. de Variación                           | 0.315   | 0.271   | 0.151  | 0.230   | 0.128  |
| Coef. de Asimetría                           | -0.247  | -0.357  | 0.062  | 1.731   | ****   |

| 1 / A  | σ <sup>2</sup> (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Ajuste   |
|--------|--------------------------------------------------|----------|
| 0.0122 | 59.6583                                          | 98.2835  |
| 0.0184 | 194.0780                                         | 126.5089 |
| 0.0245 | 83.4963                                          | 154.7344 |
| 0.0367 | 269.1910                                         | 211.1853 |
| 0.0735 | 364.8265                                         | 380.5381 |

| Ecuación del ajuste lineal |          |            |
|----------------------------|----------|------------|
| Y                          | 4609.782 | X + 41.833 |

| Área    | C. V.  | Ajuste |
|---------|--------|--------|
| 13.6100 | 0.3154 | 0.3179 |
| 27.2200 | 0.2709 | 0.2489 |
| 40.8300 | 0.1509 | 0.2085 |
| 54.4400 | 0.2300 | 0.1799 |
| 81.6600 | 0.1275 | 0.1395 |

| Ecuación del ajuste logarítmico |                |       |
|---------------------------------|----------------|-------|
| Y =                             | -0.100 LN(X) + | 0.578 |

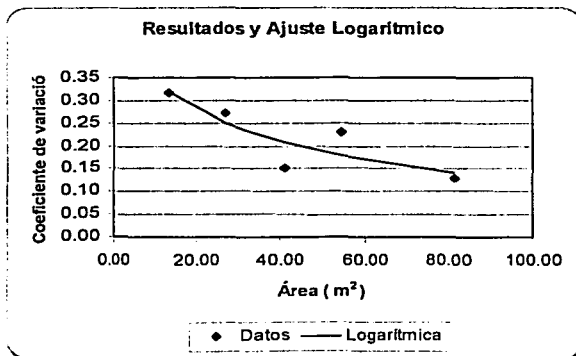
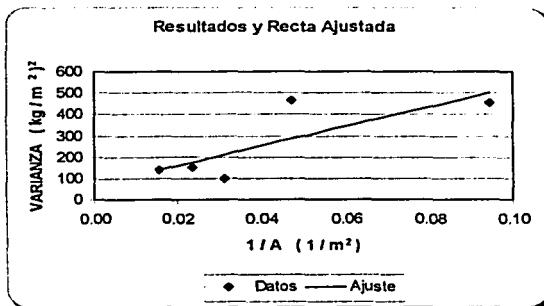


Figura 4.2.1.8

ESTUDIO DE LA PLANTA TIPO NUEVE

| Número de Área | Área básica (m <sup>2</sup> ) 10.62 |        |        |        |        |
|----------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 1.00           | 60.97                               |        |        |        |        |
| 2.00           | 56.79                               |        |        |        |        |
| 3.00           | 25.53                               |        |        |        |        |
| 4.00           | 19.59                               |        |        |        |        |
| 5.00           | 63.64                               |        |        |        |        |
| 6.00           | 48.02                               |        |        |        |        |
| 7.00           | 76.19                               | 58.88  |        |        |        |
| 8.00           | 71.79                               | 22.56  |        |        |        |
| 9.00           | 38.03                               | 55.83  | 47.76  |        |        |
| 10.00          | 33.39                               | 73.99  | 43.75  | 40.72  |        |
| 11.00          | 86.73                               | 35.71  | 62.00  | 64.91  | 45.76  |
| 12.00          | 69.53                               | 78.13  | 63.22  | 56.92  | 62.61  |
|                | 650.20                              | 325.10 | 216.73 | 162.55 | 108.37 |



| Número de áreas                            | 12.000  | 6.000   | 4.000  | 3.000   | 2.000   |
|--------------------------------------------|---------|---------|--------|---------|---------|
| Área (m <sup>2</sup> )                     | 10.620  | 21.240  | 31.860 | 42.480  | 63.720  |
| 1/A (1/m <sup>2</sup> )                    | 0.094   | 0.047   | 0.031  | 0.024   | 0.016   |
| Media (Kg/m <sup>2</sup> )                 | 54.183  | 54.183  | 54.183 | 54.183  | 54.183  |
| Varianza (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | 452.696 | 466.298 | 97.614 | 151.871 | 142.024 |
| Desv. Est. (Kg/m <sup>2</sup> )            | 21.277  | 21.694  | 9.880  | 12.324  | 11.917  |
| Coef. de Variación                         | 0.393   | 0.399   | 0.182  | 0.227   | 0.220   |
| Coef. de Asimetría                         | -0.260  | -0.486  | -0.128 | -0.950  | ****    |

| 1/A    | σ <sup>2</sup> (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Ajuste   |
|--------|--------------------------------------------------|----------|
| 0.0157 | 142.0242                                         | 139.2520 |
| 0.0235 | 151.8713                                         | 175.3839 |
| 0.0314 | 97.6139                                          | 211.5159 |
| 0.0471 | 466.2977                                         | 283.7798 |
| 0.0942 | 452.6959                                         | 500.5714 |

Ecuación del ajuste lineal

$$Y = 4604.655 X + 66.988$$

| Área    | C. V.  | Ajuste |
|---------|--------|--------|
| 10.6200 | 0.3927 | 0.4039 |
| 21.2400 | 0.3985 | 0.3204 |
| 31.8600 | 0.1823 | 0.2716 |
| 42.4800 | 0.2274 | 0.2369 |
| 63.7200 | 0.2199 | 0.1881 |

Ecuación del ajuste logarítmico

$$Y = -0.120 \ln(X) + 0.688$$

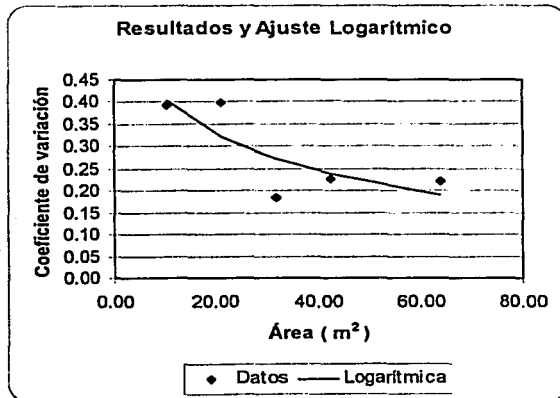
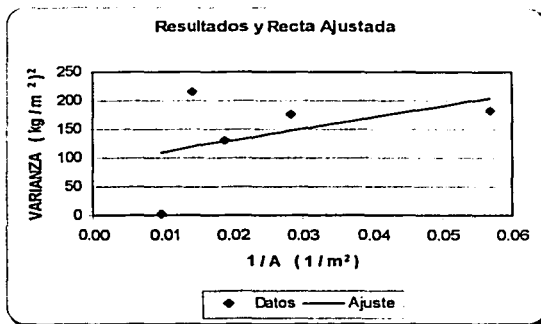


Figura 4.2.1.9

ESTUDIO DE LA PLANTA TIPO DIEZ

| Número de Área | Área básica (m <sup>2</sup> ) 17.637 |        |        |        |
|----------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| 1.00           | 42.45                                |        |        |        |
| 2.00           | 50.14                                |        |        |        |
| 3.00           | 55.81                                |        |        |        |
| 4.00           | 48.12                                |        |        |        |
| 5.00           | 19.00                                |        |        |        |
| 6.00           | 26.39                                |        |        |        |
| 7.00           | 31.76                                | 46.29  |        |        |
| 8.00           | 21.29                                | 51.96  |        |        |
| 9.00           | 43.84                                | 22.69  | 49.46  |        |
| 10.00          | 57.10                                | 26.53  | 31.17  | 49.13  |
| 11.00          | 51.83                                | 50.47  | 32.30  | 24.61  |
| 12.00          | 50.44                                | 51.13  | 53.12  | 50.80  |
|                | 498.16                               | 249.08 | 166.05 | 124.54 |
|                |                                      |        |        | 83.03  |



| Número de áreas                              | 12.000  | 6.000   | 4.000   | 3.000   | 2.000   |
|----------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Área (m <sup>2</sup> )                       | 17.637  | 35.274  | 52.911  | 70.548  | 105.822 |
| 1/A (1/m <sup>2</sup> )                      | 0.057   | 0.028   | 0.019   | 0.014   | 0.009   |
| Media (Kg / m <sup>2</sup> )                 | 41.513  | 41.513  | 41.513  | 41.513  | 41.513  |
| Varianza (Kg / m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | 181.548 | 176.690 | 129.969 | 214.951 | 2.864   |
| Desv. Est. (Kg / m <sup>2</sup> )            | 13.474  | 13.292  | 11.400  | 14.661  | 1.692   |
| Coef. de Variación                           | 0.325   | 0.320   | 0.275   | 0.353   | 0.041   |
| Coef. de Asimetría                           | -0.651  | -0.916  | 0.080   | -1.707  | ****    |

| 1/A    | σ <sup>2</sup> (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Ajuste   |
|--------|--------------------------------------------------|----------|
| 0.0094 | 2.8639                                           | 109.1058 |
| 0.0142 | 214.9512                                         | 118.5465 |
| 0.0189 | 129.9686                                         | 127.9873 |
| 0.0283 | 176.6898                                         | 146.8688 |
| 0.0567 | 181.5481                                         | 203.5133 |

**Ecuación del ajuste lineal**

$$Y = 1988.079 \cdot X + 90.224$$

| Área     | C. V.  | Ajuste |
|----------|--------|--------|
| 17.6370  | 0.3246 | 0.3785 |
| 35.2740  | 0.3202 | 0.2977 |
| 52.9110  | 0.2746 | 0.2505 |
| 70.5480  | 0.3532 | 0.2169 |
| 105.8220 | 0.0408 | 0.1697 |

**Ecuación del ajuste logarítmico**

$$Y = -0.117 \ln(X) + 0.713$$

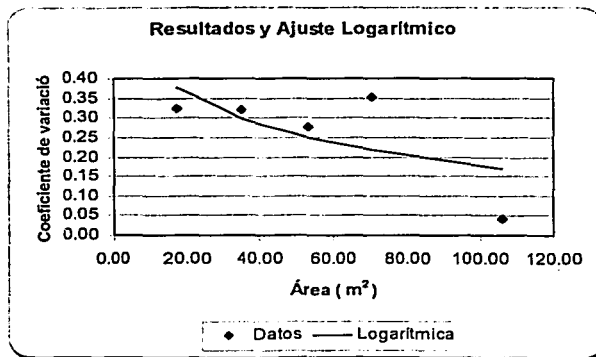
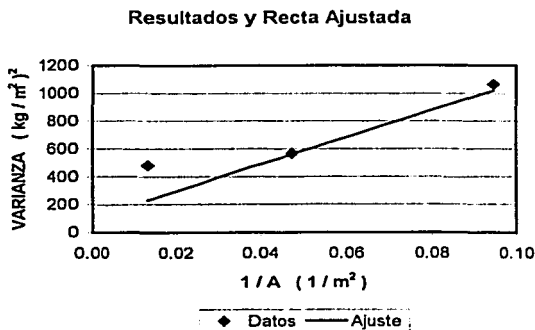


Figura 4.2.1.10

ESTUDIO DE LA PLANTA TIPO ONCE

| Número de Área | Área básica (m <sup>2</sup> ) 10.585 |        |        |
|----------------|--------------------------------------|--------|--------|
| 1.00           | 72.53                                |        |        |
| 2.00           | 108.07                               |        |        |
| 3.00           | 80.40                                |        |        |
| 4.00           | 63.30                                |        |        |
| 5.00           | 125.50                               |        |        |
| 6.00           | 29.12                                |        |        |
| 7.00           | 27.77                                |        |        |
| 8.00           | 29.29                                | 90.30  |        |
| 9.00           | 29.54                                | 71.85  |        |
| 10.00          | 84.86                                | 77.31  |        |
| 11.00          | 41.26                                | 28.53  |        |
| 12.00          | 31.50                                | 57.20  |        |
| 13.00          | 32.10                                | 36.38  | 72.38  |
| 14.00          | 40.89                                | 36.49  | 41.35  |
|                | 796.11                               | 398.05 | 113.73 |



| Número de áreas                            | 14.000   | 7.000   | 2.000   |
|--------------------------------------------|----------|---------|---------|
| Área (m <sup>2</sup> )                     | 10.585   | 21.170  | 74.095  |
| 1/A (1/m <sup>2</sup> )                    | 0.094    | 0.047   | 0.013   |
| Media (Kg/m <sup>2</sup> )                 | 56.865   | 56.865  | 56.865  |
| Varianza (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | 1064.355 | 566.334 | 481.627 |
| Desv. Est. (Kg/m <sup>2</sup> )            | 32.624   | 23.798  | 21.946  |
| Coef. de Variación                         | 0.574    | 0.418   | 0.386   |
| Coef. de Asimetría                         | 0.956    | 0.164   | ****    |

| 1/A    | σ <sup>2</sup> (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Ajuste    |
|--------|--------------------------------------------------|-----------|
| 0.0135 | 481.6265                                         | 229.2495  |
| 0.0472 | 566.3344                                         | 558.2752  |
| 0.0945 | 1064.3554                                        | 1018.9112 |

Ecuación del ajuste lineal

$$Y = 9751.66 X + 97.639$$

| Área    | C. V.  | Ajuste |
|---------|--------|--------|
| 10.5850 | 0.5737 | 0.3378 |
| 21.1700 | 0.4185 | 0.4045 |
| 74.0950 | 0.3859 | 0.5251 |

Ecuación del ajuste logarítmico

$$Y = 0.096 \ln(X) + 0.111$$

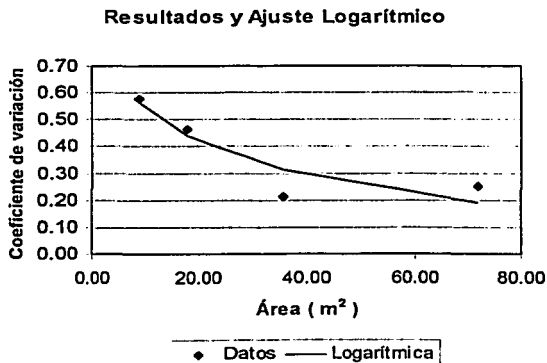
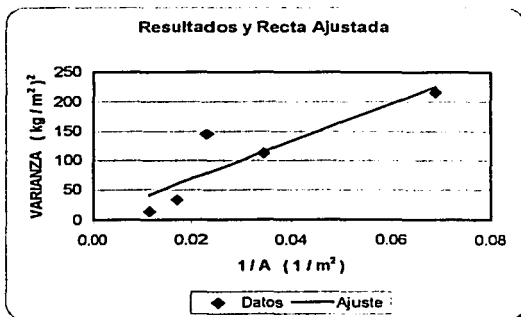


Figura 4.2.1.11

ESTUDIO DE LA PLANTA TIPO DOCE

| Número de Área | Área básica (m <sup>2</sup> ) 14.51 |        |        |       |       |
|----------------|-------------------------------------|--------|--------|-------|-------|
| 1.00           | 45.31                               |        |        |       |       |
| 2.00           | 70.17                               |        |        |       |       |
| 3.00           | 51.62                               |        |        |       |       |
| 4.00           | 21.69                               |        |        |       |       |
| 5.00           | 27.72                               |        |        |       |       |
| 6.00           | 49.86                               |        |        |       |       |
| 7.00           | 23.81                               | 57.74  |        |       |       |
| 8.00           | 41.37                               | 36.65  |        |       |       |
| 9.00           | 26.14                               | 38.79  | 55.70  |       |       |
| 10.00          | 39.52                               | 32.59  | 33.09  | 47.19 |       |
| 11.00          | 52.73                               | 32.83  | 30.44  | 35.69 | 44.39 |
| 12.00          | 51.66                               | 52.20  | 47.97  | 42.51 | 39.21 |
| 501.59         | 250.79                              | 167.20 | 125.40 | 83.60 |       |



| Número de áreas                            | 12.000  | 6.000   | 4.000   | 3.000  | 2.000  |
|--------------------------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Área (m <sup>2</sup> )                     | 14.510  | 29.020  | 43.530  | 58.040 | 87.060 |
| 1/A (1/m <sup>2</sup> )                    | 0.069   | 0.034   | 0.023   | 0.017  | 0.011  |
| Media (Kg/m <sup>2</sup> )                 | 41.799  | 41.799  | 41.799  | 41.799 | 41.799 |
| Varianza (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | 215.638 | 112.575 | 145.346 | 33.465 | 13.459 |
| Desv. Est. (Kg/m <sup>2</sup> )            | 14.685  | 10.810  | 12.056  | 5.785  | 3.669  |
| Coef. de Variación                         | 0.351   | 0.254   | 0.288   | 0.138  | 0.088  |
| Coef. de Asimetría                         | 0.207   | 0.880   | 0.302   | -0.546 | ****   |

| 1/A    | σ <sup>2</sup> (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Ajuste   |
|--------|--------------------------------------------------|----------|
| 0.0115 | 13.4588                                          | 41.6273  |
| 0.0172 | 33.4652                                          | 60.0006  |
| 0.0230 | 145.3464                                         | 78.3740  |
| 0.0345 | 112.5748                                         | 115.1208 |
| 0.0689 | 215.6384                                         | 225.3610 |

**Ecuación del ajuste lineal**

$$Y = 3199.171 X + 4.881$$

| Área    | C. V.  | Ajuste |
|---------|--------|--------|
| 14.5100 | 0.3513 | 0.3673 |
| 29.0200 | 0.2538 | 0.2673 |
| 43.5300 | 0.2884 | 0.2089 |
| 58.0400 | 0.1384 | 0.1674 |
| 87.0600 | 0.0878 | 0.1089 |

**Ecuación del ajuste logarítmico**

$$Y = -0.144 \ln(X) + 0.753$$

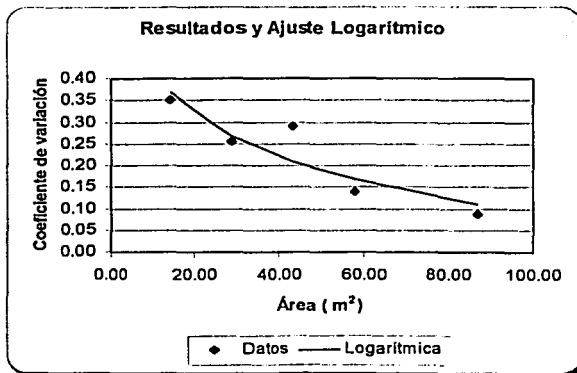


Figura 4.2.1.12

ESTUDIO DE LA PLANTA TIPO TRECE

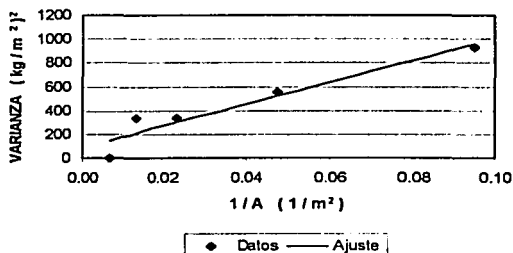
| Número de Área | Área básica (m <sup>2</sup> ) = 10.5 |        |        |        |       |
|----------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|-------|
| 1.00           | 65.26                                |        |        |        |       |
| 2.00           | 53.31                                |        |        |        |       |
| 3.00           | 81.34                                |        |        |        |       |
| 4.00           | 66.19                                |        |        |        |       |
| 5.00           | 27.67                                |        |        |        |       |
| 6.00           | 97.15                                |        |        |        |       |
| 7.00           | 33.03                                |        |        |        |       |
| 8.00           | 27.62                                |        |        |        |       |
| 9.00           | 82.90                                |        |        |        |       |
| 10.00          | 16.20                                |        |        |        |       |
| 11.00          | 20.89                                |        |        |        |       |
| 12.00          | 10.44                                |        |        |        |       |
| 13.00          | 7.87                                 |        |        |        |       |
| 14.00          | 15.25                                |        |        |        |       |
| 15.00          | 22.13                                | 59.29  |        |        |       |
| 16.00          | 7.77                                 | 73.77  |        |        |       |
| 17.00          | 11.67                                | 62.41  |        |        |       |
| 18.00          | 14.10                                | 30.32  |        |        |       |
| 19.00          | 29.12                                | 49.55  |        |        |       |
| 20.00          | 101.91                               | 15.67  |        |        |       |
| 21.00          | 28.60                                | 11.56  |        |        |       |
| 22.00          | 31.71                                | 14.95  | 66.53  |        |       |
| 23.00          | 101.96                               | 12.89  | 46.37  |        |       |
| 24.00          | 25.74                                | 65.52  | 32.61  |        |       |
| 25.00          | 61.92                                | 30.15  | 13.26  | 60.57  |       |
| 26.00          | 54.30                                | 63.85  | 39.20  | 25.88  |       |
| 27.00          | 62.98                                | 58.11  | 47.00  | 30.76  | 43.22 |
| 28.00          | 73.41                                | 68.19  | 63.15  | 58.86  | 44.81 |
|                | 1232.45                              | 616.22 | 308.11 | 176.06 | 88.03 |

| Número de áreas                            | 28.000  | 14.000  | 7.000   | 4.000   | 2.000   |
|--------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Área (m <sup>2</sup> )                     | 10.500  | 21.000  | 42.000  | 73.500  | 147.000 |
| 1/A (1/m <sup>2</sup> )                    | 0.095   | 0.048   | 0.024   | 0.014   | 0.007   |
| Media (Kg/m <sup>2</sup> )                 | 44.016  | 44.016  | 44.016  | 44.016  | 44.016  |
| Varianza (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | 926.699 | 552.030 | 331.130 | 332.912 | 1.256   |
| Desv. Est. (Kg/m <sup>2</sup> )            | 30.442  | 23.495  | 18.197  | 18.246  | 1.121   |
| Coef. de Variación                         | 0.692   | 0.534   | 0.413   | 0.415   | 0.025   |
| Coef. de Asimetría                         | 0.598   | -0.318  | -0.474  | -0.054  | ****    |

| Área     | C. V.  | Ajuste |
|----------|--------|--------|
| 10.5000  | 0.6916 | 0.7135 |
| 21.0000  | 0.5338 | 0.5586 |
| 42.0000  | 0.4134 | 0.4038 |
| 73.5000  | 0.4145 | 0.2788 |
| 147.0000 | 0.0255 | 0.1240 |

Ecuación del ajuste logarítmico  
 $Y = -0.223 \ln(X) + 1.239$

Resultados y Recta Ajustada



| 1/A    | $\sigma^2$ (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Ajuste   |
|--------|----------------------------------------------|----------|
| 0.0068 | 1.2564                                       | 150.2155 |
| 0.0136 | 332.9117                                     | 212.1244 |
| 0.0238 | 331.1296                                     | 304.9877 |
| 0.0476 | 552.0302                                     | 521.6688 |
| 0.0952 | 926.6993                                     | 955.0309 |

Ecuación del ajuste lineal  
 $Y = 9100.605 X + 88.307$

Resultados y Ajuste Logarítmico

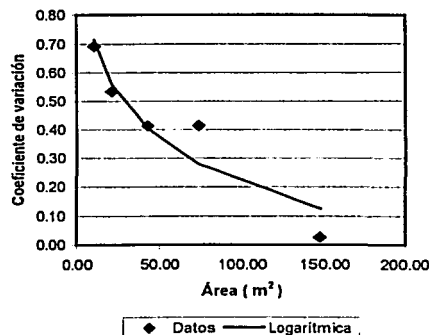


Figura 4.2.1.13

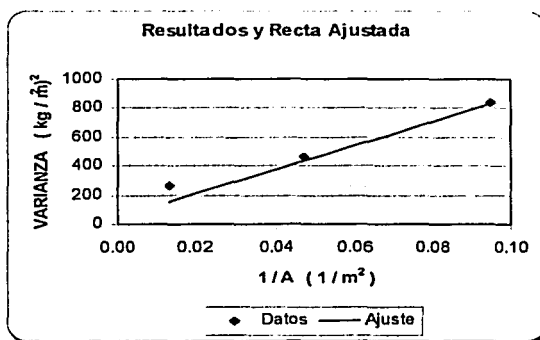
ESTUDIO DE LA PLANTA TIPO CATORCE

| Número de Área | Área básica (m <sup>2</sup> ) = 10.57 |        |
|----------------|---------------------------------------|--------|
| 1.00           | 12.88                                 |        |
| 2.00           | 9.47                                  |        |
| 3.00           | 35.44                                 |        |
| 4.00           | 62.42                                 |        |
| 5.00           | 14.11                                 |        |
| 6.00           | 9.55                                  |        |
| 7.00           | 70.97                                 |        |
| 8.00           | 44.99                                 | 11.18  |
| 9.00           | 13.35                                 | 48.93  |
| 10.00          | 93.14                                 | 11.83  |
| 11.00          | 53.77                                 | 57.98  |
| 12.00          | 44.23                                 | 53.25  |
| 13.00          | 89.47                                 | 49.00  |
| 14.00          | 36.19                                 | 62.83  |
|                | 589.97                                | 294.98 |
|                |                                       | 84.28  |

| Número de áreas                            | 14.000  | 7.000   | 2.000   |
|--------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Área (m <sup>2</sup> )                     | 10.570  | 21.140  | 73.990  |
| 1/A (1/m <sup>2</sup> )                    | 0.095   | 0.047   | 0.014   |
| Media (Kg/m <sup>2</sup> )                 | 42.141  | 42.141  | 42.141  |
| Varianza (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | 839.390 | 462.194 | 262.229 |
| Desv. Est. (Kg/m <sup>2</sup> )            | 28.972  | 21.499  | 16.194  |
| Coef. de Variación                         | 0.688   | 0.510   | 0.384   |
| Coef. de Asimetría                         | 0.486   | -1.003  | ****    |

| Área    | C. V.  | Ajuste |
|---------|--------|--------|
| 10.5700 | 0.6875 | 0.3884 |
| 21.1400 | 0.5102 | 0.4584 |
| 73.9900 | 0.3843 | 0.5849 |

Ecuación del ajuste logarítmico  
 $Y = 0.101 \ln(X) + 0.150$



| 1/A    | σ <sup>2</sup> (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Ajuste   |
|--------|--------------------------------------------------|----------|
| 0.0135 | 262.2295                                         | 157.2534 |
| 0.0473 | 462.1939                                         | 436.4548 |
| 0.0946 | 839.3904                                         | 827.3368 |

Ecuación del ajuste lineal  
 $Y = 8263.25 X + 46.573$

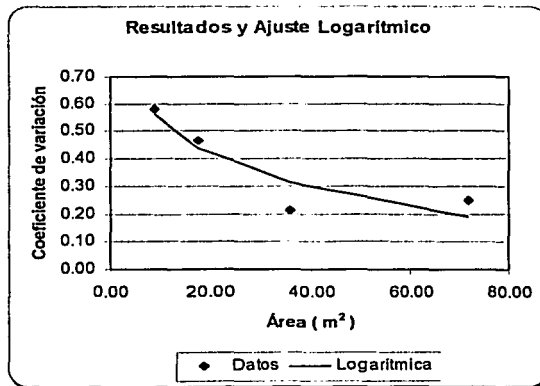
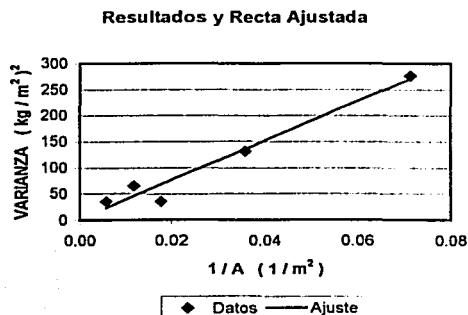


Figura 4.2.1.14

ESTUDIO DE LA PLANTA TIPO QUINCE

| Número de Área | Area basica (m <sup>2</sup> ) 14.05 |        |        |        |
|----------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|
| 1.00           | 35.81                               |        |        |        |
| 2.00           | 53.46                               |        |        |        |
| 3.00           | 59.76                               |        |        |        |
| 4.00           | 64.61                               |        |        |        |
| 5.00           | 63.28                               |        |        |        |
| 6.00           | 67.72                               |        |        |        |
| 7.00           | 42.74                               |        |        |        |
| 8.00           | 40.79                               |        |        |        |
| 9.00           | 37.89                               |        |        |        |
| 10.00          | 69.73                               |        |        |        |
| 11.00          | 55.97                               |        |        |        |
| 12.00          | 19.91                               |        |        |        |
| 13.00          | 46.78                               | 44.64  |        |        |
| 14.00          | 17.78                               | 62.18  |        |        |
| 15.00          | 56.79                               | 65.50  |        |        |
| 16.00          | 45.35                               | 41.77  |        |        |
| 17.00          | 46.40                               | 53.81  |        |        |
| 18.00          | 70.04                               | 37.94  |        |        |
| 19.00          | 18.17                               | 32.28  | 53.41  |        |
| 20.00          | 53.34                               | 51.07  | 53.63  |        |
| 21.00          | 19.17                               | 58.22  | 45.88  | 57.44  |
| 22.00          | 44.75                               | 35.75  | 41.68  | 44.51  |
| 23.00          | 61.01                               | 31.96  | 46.99  | 47.19  |
| 24.00          | 32.11                               | 46.56  | 39.26  | 38.09  |
|                | 1123.35                             | 561.68 | 280.84 | 187.23 |
|                |                                     |        |        | 93.61  |



| 1/A    | σ <sup>2</sup> (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Ajuste   |
|--------|--------------------------------------------------|----------|
| 0.0059 | 34.7207                                          | 23.0264  |
| 0.0119 | 64.8306                                          | 45.5056  |
| 0.0178 | 34.8806                                          | 67.9848  |
| 0.0356 | 131.4309                                         | 135.4225 |
| 0.0712 | 276.3745                                         | 270.2979 |

Ecuación del ajuste lineal

$$Y = 3790.00 X + 0.547$$

| Número de áreas                            | 24.000 | 12.000  | 6.000  | 4.000  | 2.000   |
|--------------------------------------------|--------|---------|--------|--------|---------|
| Área (m <sup>2</sup> )                     | 14.050 | 28.100  | 56.200 | 84.300 | 168.600 |
| 1/A (1/m <sup>2</sup> )                    | 0.071  | 0.036   | 0.018  | 0.012  | 0.006   |
| Media (Kg/m <sup>2</sup> )                 | 46.806 | 46.806  | 46.806 | 46.806 | 46.806  |
| Varianza (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | 276.37 | 131.431 | 34.881 | 64.831 | 34.721  |
| Desv. Est. (Kg/m <sup>2</sup> )            | 16.625 | 11.464  | 5.906  | 8.052  | 5.892   |
| Coef. de Variación                         | 0.355  | 0.245   | 0.126  | 0.172  | 0.126   |
| Coef. de Asimetría                         | -0.442 | 0.257   | 0.058  | 0.674  | ****    |

| Área     | C. V.  | Ajuste |
|----------|--------|--------|
| 14.0500  | 0.3552 | 0.3201 |
| 28.1000  | 0.2449 | 0.2573 |
| 56.2000  | 0.1262 | 0.1944 |
| 84.3000  | 0.1720 | 0.1576 |
| 168.6000 | 0.1259 | 0.0948 |

Ecuación del ajuste logarítmico

$$Y = -0.091 \ln(X) + 0.560$$

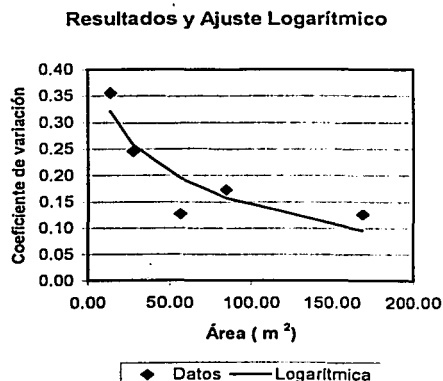


Figura 4.2.1.15

#### IV.2.2. Resultado del análisis de todas las plantas tipo estudiadas.

Una vez realizados los estudios estadísticos para cada una de las plantas tipo, se tomaron los datos del inverso del área, varianza, área y coeficiente de variación, con los cuales se obtuvo el resultado de los estudios estadístico en conjunto de todas las plantas tipo.

Este resultado se obtuvo de ajustar los resultados obtenidos de las plantas tipo presentadas anteriormente, en la tabla 4.2.2.1 se presentan los datos antes mencionados. Además se obtuvo también la media de las cargas.

| PLANTA<br>TIPO | 1 / A<br>( 1 / m <sup>2</sup> ) | VARIANZA<br>( Kg / m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Área<br>( m <sup>2</sup> ) | Coeficiente<br>de Variación |
|----------------|---------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1              | 0.0193                          | 33.3709                                          | 8.63                       | 0.4499                      |
|                | 0.029                           | 219.3284                                         | 17.26                      | 0.3504                      |
|                | 0.0386                          | 470.1163                                         | 25.89                      | 0.3948                      |
|                | 0.0579                          | 370.3191                                         | 34.52                      | 0.2697                      |
|                | 0.1159                          | 610.3526                                         | 51.78                      | 0.1052                      |
| 2              | 0.0073                          | 0.3098                                           | 8.607                      | 0.4668                      |
|                | 0.0145                          | 217.9811                                         | 17.214                     | 0.3741                      |
|                | 0.029                           | 320.0047                                         | 34.428                     | 0.3282                      |
|                | 0.0581                          | 415.9166                                         | 68.856                     | 0.2708                      |
|                | 0.1162                          | 647.5307                                         | 137.712                    | 0.0102                      |
| 3              | 0.0155                          | 80.5787                                          | 10.73                      | 0.2749                      |
|                | 0.0233                          | 62.3011                                          | 21.46                      | 0.1633                      |
|                | 0.0311                          | 71.1974                                          | 32.19                      | 0.1487                      |
|                | 0.0466                          | 85.9341                                          | 42.92                      | 0.1391                      |
|                | 0.0932                          | 243.4244                                         | 64.38                      | 0.1582                      |
| 4              | 0.0139                          | 93.1026                                          | 8.97                       | 0.5793                      |
|                | 0.0279                          | 66.3607                                          | 17.94                      | 0.4645                      |
|                | 0.0557                          | 320.6578                                         | 35.88                      | 0.2113                      |
|                | 0.1115                          | 498.7502                                         | 71.76                      | 0.2503                      |
| 5              | 0.0162                          | 44.0599                                          | 10.281                     | 0.1788                      |
|                | 0.0243                          | 27.9049                                          | 20.562                     | 0.1491                      |
|                | 0.0324                          | 30.3665                                          | 30.843                     | 0.0964                      |
|                | 0.0486                          | 72.6182                                          | 41.124                     | 0.0924                      |
|                | 0.0973                          | 104.4821                                         | 61.686                     | 0.1161                      |
| 6              | 0.0081                          | 2.7671                                           | 10.33                      | 0.4316                      |
|                | 0.0161                          | 197.1245                                         | 20.66                      | 0.4121                      |
|                | 0.0242                          | 200.7704                                         | 41.32                      | 0.3305                      |
|                | 0.0484                          | 312.0735                                         | 61.98                      | 0.3275                      |
|                | 0.0968                          | 342.4258                                         | 123.96                     | 0.0388                      |

| PLANTA<br>TIPO | 1 / A<br>(1 / m <sup>2</sup> ) | VARIANZA<br>(Kg / m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Coefficiente<br>de Variación |
|----------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 7              | 0.0158                         | 12.086                                          | 10.519                    | 0.4703                       |
|                | 0.0238                         | 235.8543                                        | 21.038                    | 0.4583                       |
|                | 0.0317                         | 26.5769                                         | 31.557                    | 0.1256                       |
|                | 0.0475                         | 353.9138                                        | 42.076                    | 0.3742                       |
|                | 0.0951                         | 372.5873                                        | 63.114                    | 0.0847                       |
| 8              | 0.0122                         | 59.6583                                         | 13.61                     | 0.3154                       |
|                | 0.0184                         | 194.078                                         | 27.22                     | 0.2709                       |
|                | 0.0245                         | 83.4963                                         | 40.83                     | 0.1509                       |
|                | 0.0367                         | 269.191                                         | 54.44                     | 0.23                         |
|                | 0.0735                         | 364.8265                                        | 81.66                     | 0.1275                       |
| 9              | 0.0157                         | 142.0242                                        | 10.62                     | 0.3927                       |
|                | 0.0235                         | 151.8713                                        | 21.24                     | 0.3985                       |
|                | 0.0314                         | 97.6139                                         | 31.86                     | 0.1823                       |
|                | 0.0471                         | 466.2977                                        | 42.48                     | 0.2274                       |
|                | 0.0942                         | 452.6959                                        | 63.72                     | 0.2199                       |
| 10             | 0.0094                         | 2.8639                                          | 17.637                    | 0.3246                       |
|                | 0.0142                         | 214.9512                                        | 35.274                    | 0.3202                       |
|                | 0.0189                         | 129.9686                                        | 52.911                    | 0.2746                       |
|                | 0.0283                         | 176.6898                                        | 70.548                    | 0.3532                       |
|                | 0.0567                         | 181.5481                                        | 105.822                   | 0.0408                       |
| 11             | 0.0135                         | 481.6265                                        | 10.585                    | 0.5737                       |
|                | 0.0472                         | 566.3344                                        | 21.17                     | 0.4185                       |
|                | 0.0945                         | 1064.3554                                       | 74.095                    | 0.3859                       |
| 12             | 0.0115                         | 13.4588                                         | 14.51                     | 0.3513                       |
|                | 0.0172                         | 33.4652                                         | 29.02                     | 0.2538                       |
|                | 0.023                          | 145.3464                                        | 43.53                     | 0.2884                       |
|                | 0.0345                         | 112.5748                                        | 58.04                     | 0.1384                       |
|                | 0.0689                         | 215.6384                                        | 87.06                     | 0.0878                       |
| 13             | 0.0068                         | 1.2564                                          | 10.5                      | 0.6916                       |
|                | 0.0136                         | 332.9117                                        | 21                        | 0.5338                       |
|                | 0.0238                         | 331.1296                                        | 42                        | 0.4134                       |
|                | 0.0476                         | 552.0302                                        | 73.5                      | 0.4145                       |
|                | 0.0952                         | 926.6993                                        | 147                       | 0.0255                       |
| 14             | 0.0135                         | 262.2295                                        | 10.57                     | 0.6875                       |
|                | 0.0473                         | 462.1339                                        | 21.14                     | 0.5102                       |
|                | 0.0946                         | 839.3904                                        | 73.99                     | 0.3843                       |
| 15             | 0.0059                         | 34.7207                                         | 14.05                     | 0.3552                       |
|                | 0.0119                         | 64.8306                                         | 28.1                      | 0.2449                       |
|                | 0.0178                         | 34.8806                                         | 56.2                      | 0.1262                       |
|                | 0.0356                         | 131.4309                                        | 84.3                      | 0.172                        |
|                | 0.0712                         | 276.3745                                        | 168.6                     | 0.1259                       |

Figura 4.2.2.1

En la tabla 4.2.2.2 se presenta el resultado de la media de la carga

| PLANTA<br>TIPO           | MEDIA<br>(kg / m <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|---------------------------------|
| 1                        | 54.917                          |
| 2                        | 54.512                          |
| 3                        | 56.752                          |
| 4                        | 38.552                          |
| 5                        | 57.162                          |
| 6                        | 42.672                          |
| 7                        | 41.045                          |
| 8                        | 60.563                          |
| 9                        | 54.183                          |
| 10                       | 41.513                          |
| 11                       | 56.865                          |
| 12                       | 41.799                          |
| 13                       | 44.016                          |
| 14                       | 42.141                          |
| 15                       | 46.806                          |
| Resultado<br>de la media | 48.9132                         |

Tabla 4.2.2.2

En las figuras 4.2.2.1. y 4.2.2.2. se observan los ajustes de los resultados de las quince plantas tipo, así como en las tablas 4.2.2.3. y 4.2.2.4., los datos de ajuste y las ecuaciones resultantes de estos.

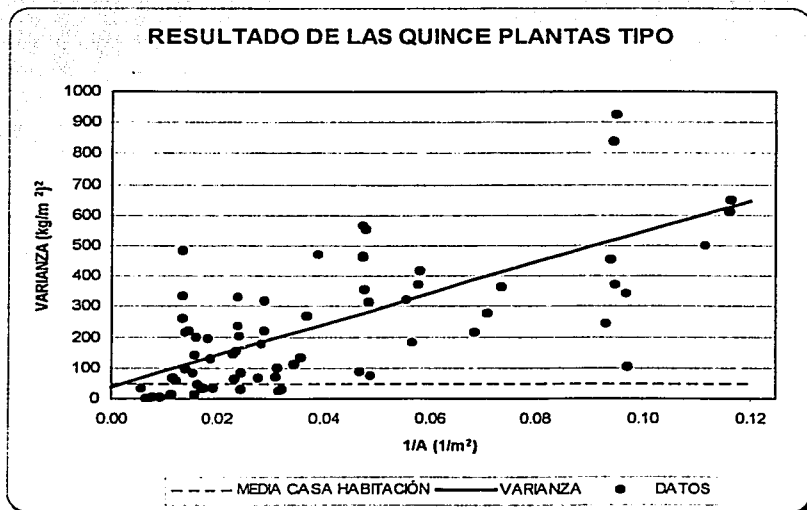


Figura 4.2.2.1

| Ajuste                         |                                                 |
|--------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1 / A<br>(1/m <sup>2</sup> )   | VARIANZA<br>(Kg / m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> |
| 0                              | 38.70                                           |
| 0.024                          | 160.15                                          |
| 0.048                          | 281.60                                          |
| 0.072                          | 403.04                                          |
| 0.096                          | 524.49                                          |
| 0.12                           | 645.94                                          |
| $\sigma^2 = 5060.29/A + 38.71$ |                                                 |

Tabla 4.2.2.3

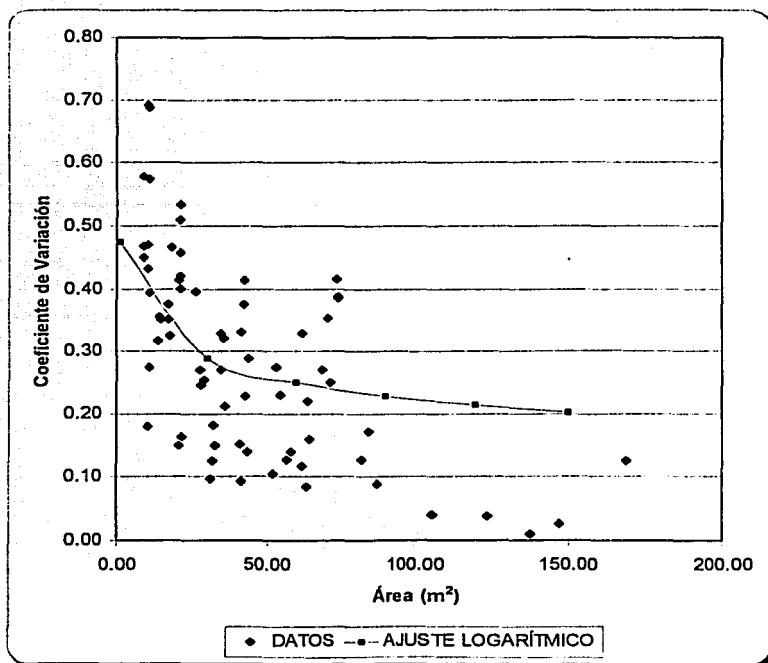


Figura 4.2.2.2.

| Ajuste                       |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| Área<br>( m <sup>2</sup> )   | Coefficiente<br>de Variación |
| 1                            | 0.473                        |
| 40                           | 0.272                        |
| 80                           | 0.234                        |
| 120                          | 0.212                        |
| 160                          | 0.197                        |
| 200                          | 0.184                        |
| C. de V. = -0.054LN(A)+0.473 |                              |

Tabla 4.2.2.4.

## CAPÍTULO 5

### RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN, PROBABILIDADES DE EXCEDENCIAS DE CARGAS NOMINALES Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1 Datos de entrada al programa de computo y resultados de la simulación

El modelo de simulación de Montecarlo descrito por Soriano y Ruiz (1995), se utilizó en esta parte del estudio con el propósito de obtener la distribución de las cargas totales máximas. La obtención de los datos de entrada del modelo de simulación se obtuvieron de acuerdo con lo descrito en el capítulo 2 del presente trabajo.

A partir de los datos de las cargas sostenidas instantáneas de las quince plantas tipo se obtuvo la varianza en función del inverso del área, así como la media de estas. Sus valores son los siguientes:

$$\mu = 10.02 \text{ psf}$$

$$\sigma^2 = \frac{5026.86}{A} + 1.62 \text{ (psf)}^2$$

La entrada de los datos al programa de cómputo que utiliza el método de simulación de Montecarlo es mediante el teclado. Los datos requeridos son los siguientes, estos se introducen en el orden que se muestra:

|                                                            |                       |
|------------------------------------------------------------|-----------------------|
| • Nombre del archivo de resultados                         | libre                 |
| • Periodo de retorno                                       | Tr (años)             |
| • Índice de cambios de ocupación de cargas sostenidas      | Vs (1/años)           |
| • Índice de cambios de ocupación de cargas extraordinarias | Vex (1/años)          |
| • Media de las cargas sostenidas                           | ULs (psf)             |
| • Ordenada al origen de la recta de varianza ajustada      | Sa (psf) <sup>2</sup> |
| • Pendiente de la recta de varianza ajustada               | Ss (psf)              |

donde 1 (psf) = 1 lb/ft<sup>2</sup>

Para este trabajo los datos que se manejan fueron los siguientes:

|                                                            |                         |
|------------------------------------------------------------|-------------------------|
| • Nombre del archivo de resultados                         | Resultado               |
| • Periodo de retorno                                       | 50 (años)               |
| • Índice de cambios de ocupación de cargas sostenidas      | 0.2 (1/años)            |
| • Índice de cambios de ocupación de cargas extraordinarias | 1 (1/años)              |
| • Media de las cargas sostenidas                           | 10.02 (psf)             |
| • Ordenada al origen de la recta de varianza ajustada      | 1.62 (psf) <sup>2</sup> |
| • Pendiente de la recta de varianza ajustada               | 5026.86 (psf)           |

La simulación se realizó para los siguientes valores de áreas de influencia: 200, 400, 800, 1200, 1600, 2000, 2400 y 2800 ft<sup>2</sup> que corresponden a 18.58, 37.16, 74.32, 111.48, 148.64, 185.80, 222.96 y 260.12 m<sup>2</sup>, respectivamente.

Con los datos anteriores y después de hacer la simulación, se obtuvo el siguiente archivo de salida del programa.

PROGRAMA: DDF\_LIVE.EXE  
"GENERA CON EL METODO MONTECARLO LA:  
MAXIMA CARGA VIVA"

NOMBRE DEL ARCHIVO DE RESULTADOS : RESULTADO

CONSTANTES DE PROYECTO :

Tr [años] = 50  
Vs [1/años] = 2.000000E-001  
Vex [1/años] = 1.0000000  
ULs [psf] = 10.0200000  
Sa [psf]2 = 1.6200000  
Ss [psf]p = 5026.8600000

RESULTADOS DEL PROGRAMA :

| AREA(ft2) | ULs      | SLs    | Uex     | Sex    |        |  |
|-----------|----------|--------|---------|--------|--------|--|
| 200.000   | 10.020   | 5.172  | 8.018   | 8.156  |        |  |
| E[ext]    | Var[ext] | E[ls]  | Var[ls] | E[t]   | Var[t] |  |
| 31.050    | 69.090   | 14.150 | 38.064  | 45.200 | 62.038 |  |
| 400.000   | 10.020   | 3.767  | 9.354   | 6.229  |        |  |
| E[ext]    | Var[ext] | E[ls]  | Var[ls] | E[t]   | Var[t] |  |
| 26.614    | 37.847   | 12.966 | 17.176  | 39.580 | 33.489 |  |
| 800.000   | 10.020   | 2.811  | 7.589   | 3.967  |        |  |
| E[ext]    | Var[ext] | E[ls]  | Var[ls] | E[t]   | Var[t] |  |
| 18.677    | 23.010   | 12.257 | 9.011   | 30.934 | 18.581 |  |
| 1200.000  | 10.020   | 2.410  | 6.440   | 2.984  |        |  |
| E[ext]    | Var[ext] | E[ls]  | Var[ls] | E[t]   | Var[t] |  |
| 14.839    | 16.740   | 12.041 | 6.190   | 26.880 | 13.618 |  |
| 1600.000  | 10.020   | 2.182  | 5.679   | 2.427  |        |  |
| E[ext]    | Var[ext] | E[ls]  | Var[ls] | E[t]   | Var[t] |  |
| 12.434    | 10.509   | 11.986 | 5.054   | 24.420 | 8.257  |  |
| 2000.000  | 10.020   | 2.033  | 5.134   | 2.064  |        |  |
| E[ext]    | Var[ext] | E[ls]  | Var[ls] | E[t]   | Var[t] |  |
| 10.904    | 9.627    | 11.968 | 4.310   | 22.872 | 7.457  |  |

|           |          |        |         |        |        |
|-----------|----------|--------|---------|--------|--------|
| AREA(ft2) | ULs      | SLs    | Uex     | Sex    |        |
| 2400.000  | 10.020   | 1.927  | 4.719   | 1.806  |        |
| E[ext]    | Var[ext] | E[ls]  | Var[ls] | E[t]   | Var[t] |
| 9.709     | 7.383    | 11.921 | 4.035   | 21.631 | 5.369  |
| AREA(ft2) | ULs      | SLs    | Uex     | Sex    |        |
| 2800.000  | 10.020   | 1.848  | 4.391   | 1.613  |        |
| E[ext]    | Var[ext] | E[ls]  | Var[ls] | E[t]   | Var[t] |
| 8.795     | 6.044    | 11.921 | 3.578   | 20.716 | 4.667  |

donde:

|           |                                                                       |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|
| Ai        | es el área de influencia                                              |
| ULs       | es la media de las cargas sostenidas                                  |
| SLs       | es la desviación estándar de las cargas sostenidas                    |
| Uex       | es la media de las cargas extraordinarias                             |
| Sex       | es la desviación de las cargas extraordinarias                        |
| E[ext]    | es la media de las cargas extraordinarias obtenidas de la simulación  |
| Var [ext] | es la varianza de las cargas extraordinarias obtenidas por simulación |
| E [ls]    | es la media de las cargas sostenidas obtenidas por simulación         |
| Var [ls]  | es la varianza de las cargas sostenidas obtenidas por simulación      |
| E [t]     | es la media de las cargas totales obtenidas por simulación            |
| Var [t]   | es la varianza de las cargas totales obtenidas por simulación         |

A partir del archivo de resultados se extrae de la carga máxima total, asociada a su correspondiente área de influencia. Estos valores se presentan en la tabla 5.1.1.1

| AREA           | MEDIA TOTAL       |
|----------------|-------------------|
| m <sup>2</sup> | kg/m <sup>2</sup> |
| 18.58          | 220.69            |
| 37.16          | 193.25            |
| 74.32          | 151.03            |
| 111.48         | 131.24            |
| 148.64         | 119.23            |
| 185.81         | 111.67            |
| 222.97         | 105.61            |
| 260.13         | 101.14            |

Tabla 5.1.1.1

Los datos de la tabla anterior se grafican en la figura 5.1.1.1; en la cual se pueden observar más claramente los resultados de los valores medios de la carga total máxima.

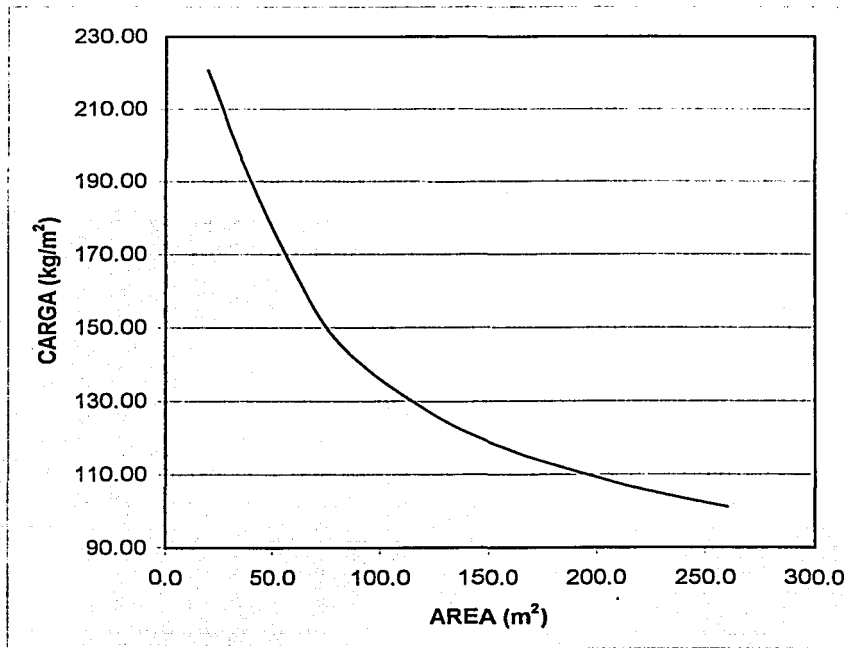


Figura 5.1.1.1. Resultado de la simulación de las quince plantas tipo

En la figura 5.1.1.2 y en la tabla 5.1.1.2 se presenta el comportamiento de los valores medios obtenidos por simulación de la carga sostenida, la extraordinaria y la total en función del área tributaria, para las quince plantas tipo. Se puede observar que las cargas sostenidas permanecen prácticamente constantes en tanto la carga extraordinaria muestra una mayor variación y por lo mismo tiene una mayor influencia sobre la carga total. Además se aprecia que las cargas totales y las extraordinarias disminuyen más rápidamente con respecto al área (entre mas área menor carga).

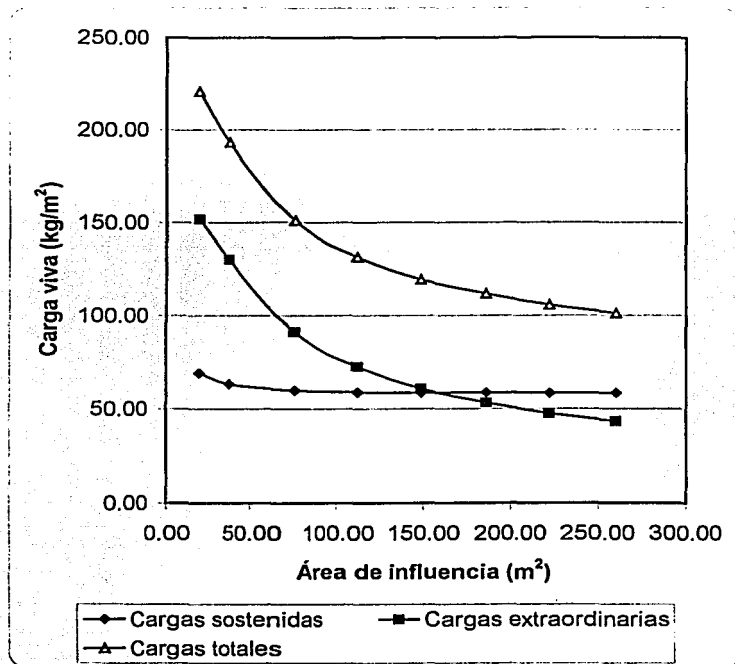


Figura 5.1.1.2. Influencia de las cargas sostenidas y extraordinarias en las cargas totales. Análisis de las quince plantas tipo.

| Área (m²) | Cargas sostenidas (kg/m²) | Cargas extraordinarias (kg/m²) | Cargas totales (kg/m²) |
|-----------|---------------------------|--------------------------------|------------------------|
| 18.58     | 69.09                     | 151.60                         | 220.69                 |
| 37.16     | 63.33                     | 129.92                         | 193.25                 |
| 74.32     | 59.86                     | 91.20                          | 151.03                 |
| 111.48    | 58.78                     | 72.46                          | 131.24                 |
| 148.64    | 58.54                     | 60.69                          | 119.23                 |
| 185.81    | 58.44                     | 53.22                          | 111.66                 |
| 222.97    | 58.20                     | 47.41                          | 105.61                 |
| 260.13    | 58.20                     | 42.94                          | 101.12                 |

Tabla 5.1.1.2

## 5.2 Probabilidades de excedencia

El cálculo de las probabilidades de excedencia se realizó usando la función de distribución Extrema Tipo I, la cual representa a la distribución de la carga máxima total. La función está dada por las siguientes expresiones:

función de distribución Extrema Tipo I:

$$f_y(y) = \alpha e^{-\alpha(y-u)} e^{-\alpha(y-u)}$$

y su función de distribución acumulada:

$$F_y(y) = e^{-\alpha(y-u)}, \quad -\infty \leq y \leq \infty, \quad \alpha > 0, \quad u > 0$$

donde:

$\alpha$  es una medida de dispersión  
 $u$  es la moda de la distribución

los cuales son parámetros de la función de distribución Extrema Tipo I. El cálculo de estos parámetros se hace mediante las siguientes ecuaciones:

$$M(y) \approx u + \frac{0.577}{\alpha}$$

$$V(y) \approx \frac{1.645}{\alpha^2}$$

donde:

$M(y)$  es la media obtenida del modelo de simulación  
 $V(y)$  es la varianza obtenida del modelo de simulación

al despejar  $\alpha$  y  $u$  de las ecuaciones anteriores y sustituir su valor en la ecuación siguiente se obtiene la probabilidad de excedencia para una carga dada.

$$P[y > y_0] = 1 - e^{-\alpha(y-u)}$$

Con base en los resultados obtenidos (media y varianza de las cargas totales) del modelo de simulación para las quince plantas tipo, se obtuvo el valor de los parámetros  $\alpha$  y  $u$ , con estos valores se calcularon las probabilidades de excedencia de los valores nominales propuestos.

En la tabla 5.2.1.1. se muestran los resultados del cálculo de las probabilidades de excedencia.

| $A_i$<br>( $m^2$ ) | $E(i)$<br>( $kg/m^2$ ) | $Var(i)$<br>( $kg/m^2$ ) | $\alpha$ | $u$     | $W_m$<br>Propuesto | Probabilidad<br>de Excedencia |
|--------------------|------------------------|--------------------------|----------|---------|--------------------|-------------------------------|
| 18.59              | 220.69                 | 1478.87                  | 0.033    | 203.385 | 190.00             | 0.790                         |
| 37.18              | 193.25                 | 798.31                   | 0.045    | 180.535 | 187.92             | 0.511                         |
| 74.36              | 151.03                 | 442.94                   | 0.061    | 141.565 | 150.45             | 0.441                         |
| 111.54             | 131.24                 | 324.63                   | 0.071    | 123.134 | 133.85             | 0.373                         |
| 148.72             | 119.23                 | 196.83                   | 0.091    | 112.917 | 123.96             | 0.305                         |
| 185.9              | 111.67                 | 177.76                   | 0.096    | 105.673 | 117.21             | 0.281                         |
| 223.08             | 105.61                 | 127.99                   | 0.113    | 100.522 | 112.22             | 0.233                         |
| 260.26             | 101.14                 | 111.25                   | 0.122    | 96.399  | 108.35             | 0.209                         |

Tabla 5.2.1.1

### 5.3 Propuesta de reducción de la carga viva máxima para casa-habitación de interés social

Con base en los resultados obtenidos es posible proponer una expresión en función del área tributaria mediante la cual se obtengan los valores de carga viva reducidos para áreas mayores que  $36 m^2$ . La ecuación propuesta es la siguiente:

$$W_m = 60 + \frac{780}{\sqrt{A}}$$

donde:

$W_m$  es la carga viva por unidad de área ( $kg/m^2$ )  
 $A$  es el área tributaria ( $m^2$ )

En la figura 5.3.1.1 se presentan los resultados de la simulación (valores medios) y la ecuación anterior.

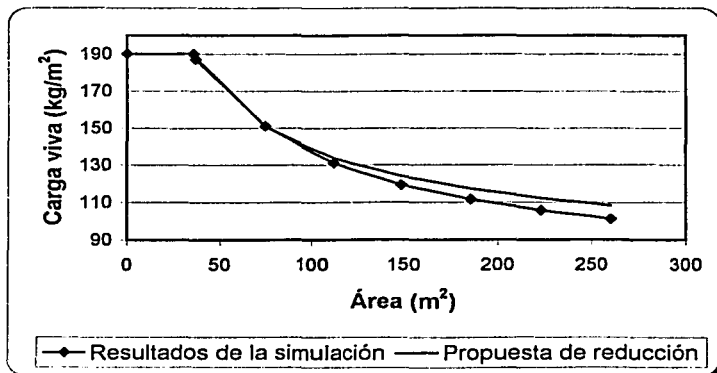


Fig. 5.3.1.1. Comparación entre los resultados de la simulación y la propuesta de reducción de las cargas vivas.

#### 5.4 Comparación de resultados con el reglamento vigente y con un reglamento anterior

La comparación se hará por medio de la figura 5.4.1.1, en la cual se pueden observar las diferencias entre los diferentes reglamentos.

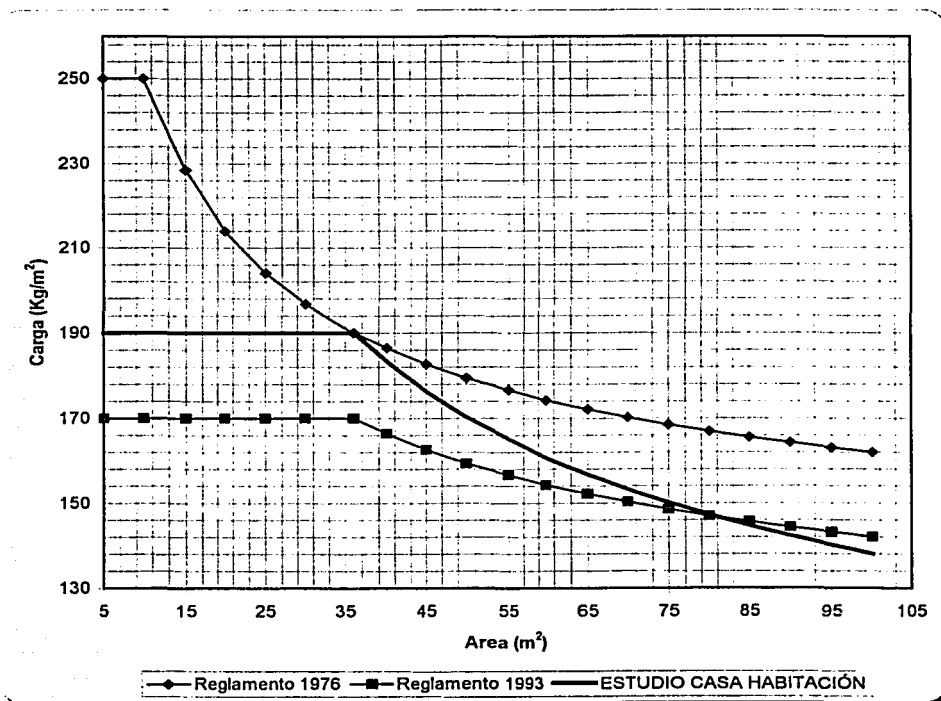


Figura 5.4.1.1. Cargas vivas

En la figura se puede observar que el resultado propuesto es mayor ( $20 \text{ kg/m}^2$ ) que el valor vigente, además la ley de reducción es mucho más pronunciada y reduce más rápido el valor de las cargas mientras es mayor el área tributaria.

### 5.5 Diferentes valores de carga para casa-habitación recomendados en reglamentos de construcción de otros países

Con el objeto de comparar el resultado de esta trabajo se revisó el valor de las cargas vivas máximas de diseño para casa-habitación que se utilizan en otros países. Estos se presentan en la tabla 5.5.1.1.

| <b>Diferentes valores de cargas vivas máximas de diseño para áreas pequeñas</b> |                      |                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------|
| <b>No.</b>                                                                      | <b>PAÍS</b>          | <b>CASA- HABITACIÓN<br/>( kg / m<sup>2</sup> )</b> |
| 1                                                                               | BULGARIA             | 153                                                |
| 2                                                                               | CANADA               | 204                                                |
| 3                                                                               | CHILE                | 204                                                |
| 4                                                                               | COLOMBIA             | 180                                                |
| 5                                                                               | COSTA RICA           | 250                                                |
| 6                                                                               | CROACIA              | 153 - 204                                          |
| 7                                                                               | REPUBLICA DOMINICANA | 204                                                |
| 8                                                                               | EGIPTO               | 200                                                |
| 9                                                                               | ESTADOS UNIDOS       | 195                                                |
| 10                                                                              | ETIOPIA              | 204                                                |
| 11                                                                              | FRANCIA              | 153                                                |
| 12                                                                              | INDIA                | 204 - 408                                          |
| 13                                                                              | INDONESIA            | 204                                                |
| 14                                                                              | IRAN                 | 204                                                |
| 15                                                                              | ITALIA               | 204                                                |
| 16                                                                              | NICARAGUA            | 204                                                |
| 17                                                                              | FILIPINAS            | 204                                                |
| 18                                                                              | PORTUGAL             | 204                                                |
| 19                                                                              | RUMANIA              | 153 - 306                                          |
| 20                                                                              | FEDERACIÓN RUSA      | 153                                                |
| 21                                                                              | SUIZA                | 204                                                |
| 22                                                                              | TURQUIA              | 204                                                |
| 23                                                                              | VENEZUELA            | 178                                                |

### 5.6 Comparación del resultado con los valores obtenidos de otros reglamentos

Al comparar el valor propuesto con los demás valores utilizados en otros países, podemos observar que la propuesta que se hace en este trabajo se ve razonable. En particular se hará la comparación con el Reglamento de los Estados Unidos de América (ASCE 7-98) por medio de la figura 5.6.1.1. En esta se observa que el valor y las leyes de reducción

correspondientes de nuestra propuesta está ligeramente abajo del valor de cargas vivas de los Estados unidos de América.

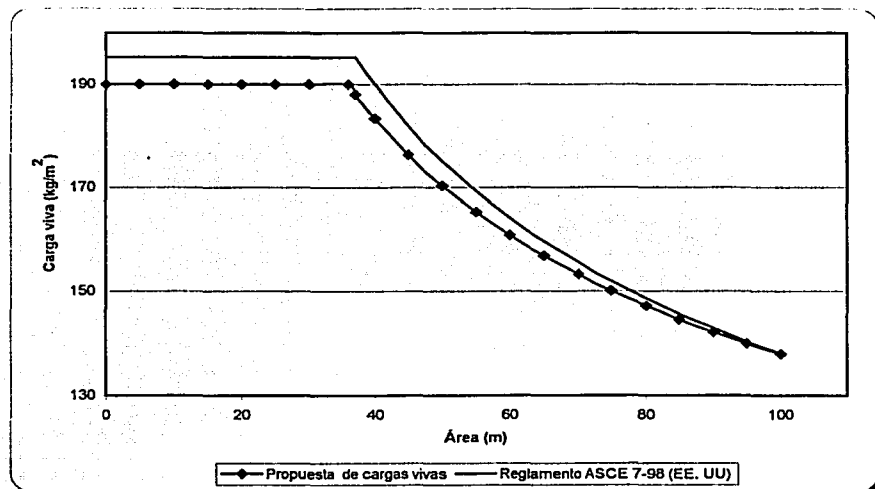


Figura 5.6.1.1. Comparación entre la propuesta de cargas vivas y el ASCE 7-98

En la tabla 5.6.1.1. y en la figura 5.6.1.2 se hace una comparación de las probabilidades de excedencia de los valores propuestos en este trabajo y además de los propuestos por el ASCE 7-98.

| $A_i$<br>(m <sup>2</sup> ) | $E(i)$<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | $Var(i)$<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | $\alpha$ | $u$     | $W_m$<br>Propuesto | Probabilidad<br>de Excedencia | $W_m$<br>ASCE | Probabilidad<br>de Excedencia |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------|---------|--------------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|
| 18.59                      | 220.69                         | 1478.87                          | 0.033    | 203.385 | 190.00             | 0.790                         | 195.297       | 0.730                         |
| 37.18                      | 193.25                         | 798.31                           | 0.045    | 180.535 | 187.92             | 0.511                         | 195.297       | 0.401                         |
| 74.36                      | 151.03                         | 442.94                           | 0.081    | 141.565 | 150.45             | 0.441                         | 152.396       | 0.404                         |
| 111.54                     | 131.24                         | 324.63                           | 0.071    | 123.134 | 133.85             | 0.373                         | 133.390       | 0.382                         |
| 148.72                     | 119.23                         | 196.83                           | 0.091    | 112.917 | 123.96             | 0.305                         | 122.061       | 0.352                         |
| 185.9                      | 111.67                         | 177.76                           | 0.096    | 105.673 | 117.21             | 0.281                         | 114.329       | 0.353                         |
| 223.08                     | 105.61                         | 127.99                           | 0.113    | 100.522 | 112.22             | 0.233                         | 108.622       | 0.329                         |
| 260.26                     | 101.14                         | 111.25                           | 0.122    | 96.399  | 108.35             | 0.209                         | 104.186       | 0.322                         |

Tabla 5.6.1.1.

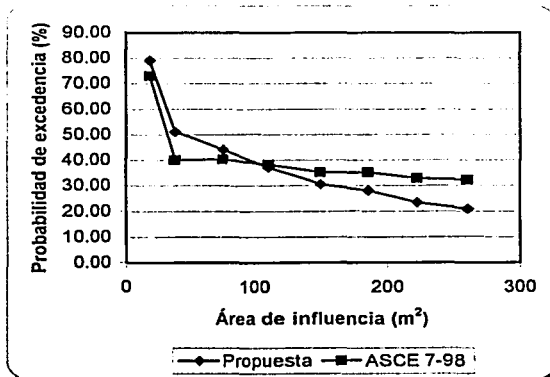


Fig. 5.6.1.2. Comparación de probabilidades de excedencias.

En la figura anterior se observa que las probabilidades de excedencias de los valores propuestos en esta tesis son menores del 52% para áreas mayores que 36 m<sup>2</sup>, a mayor área las probabilidades son menores; sin embargo para los valores del ASCE las probabilidades de excedencias son menores que 40% para áreas mayores a 36 m<sup>2</sup>, y estas disminuyen muy poco al aumentar el área.

---

## CAPITULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos del muestreo de cargas vivas y del modelo de simulación de Montecarlo se llega a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. Se propone una ley de variación de cargas vivas máximas de diseño para casa-habitación. esta ley es distinta a la que se recomienda el en RCDF-93.
2. La ley de reducción propuesta para elementos cuya área tributaria sea mayor que  $36 \text{ m}^2$  es la siguiente:

$$W_m = 60 + \frac{780}{\sqrt{A}} \quad \text{en } [\text{kg} / \text{m}^2]$$

para áreas menores que  $36 \text{ m}^2$ , es de  $190 \text{ kg} / \text{m}^2$ .

El valor de la carga para áreas pequeñas es mayor que el valor propuesto por el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, probablemente debido a que la mayoría de las familias cuentan con mayor mobiliario en sus casas que hace algunas décadas.

3. Los valores de las probabilidades de excedencias, para áreas menores a  $36 \text{ m}^2$ , son mayores o iguales a 52%. Las probabilidades de excedencias son menores que 52%, para las diferentes áreas de influencia utilizadas en la simulación.
4. Los valores de carga viva para áreas pequeñas que se proponen en el presente trabajo están dentro del intervalo de valores que se usan a nivel internacional. En especial al compararlo con el valor propuesto por el ASCE (Reglamento de los Estados Unidos de América) se puede observar que sus probabilidades de excedencias son similares.
5. Otro aspecto que vale la pena hacer notar es que los valores de las medias de las cargas sostenidas y las cargas extraordinarias son menores que la carga instantáneas que se recomiendan en el RCDF-93. Esto indica que el valor de  $90 \text{ kg} / \text{m}^2$  recomendado en el RCDF-93 para estimar las fuerzas sísmicas y de viento es un valor conservador.

6. Es importante tener en cuenta que en el país es muy frecuente que los edificios cambien de uso, poniendo en ocasiones a la estructura bajo condiciones para las que no fué diseñado. Por lo cual es de suma importancia que los ingenieros concienticen a los usuarios de los riesgos que implican los cambios de usos de las construcciones.
7. Se recomienda realizar este tipo de estudios para otros tipos de uso de estructuras, no solo de cargas vivas máximas, sino también de cargas vivas instantáneas. Esto resulta conveniente par verificar la congruencia de la confiabilidad proporcionada en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal actual por los valores nominales para distintos usos de construcciones y áreas tributarias.

## APÉNDICE 1

El siguiente listado es del programa de cómputo desarrollado en lenguaje FORTRAN por Soriano y Ruiz (ref. 1)

```
$debug
$LARGE
* PROGRAMA: DDF_LIVE.EXE
* "GENERA CON EL METODO MONTECARLO LA:
* MAXIMA CARGA VIVA
*
* .....
* * NOTA: *
* * SE APLICO LA FORMULA *
* * MEJORADA DE WEN *
* .....
*
* .....
**
**          CONSTANTES DE PROYECTO:          **
**
** .....
* TR (PERIODO DE RETORNO, VIDA UTIL DE LA CONSTRUCCION)
* V(s) (INDICE MEDIO DE CAMBIOS DE OCUPANCIA)
* NR (NUMERO DE SIMULACIONES)
* DSEED (SEMILLA -valor comprendido entre 1 y 2147483647.D0 -)
* ULs (MEDIA, SE OBTIENE DE DATOS DE CARGAS VIVAS DE SERVICIO)
* SLs (DISPERSION, SE OBTIENE DE DATOS DE CARGAS VIVAS DE SERVICIO)
* Vex (CONSTANTE EXPERIMENTAL, EN ESTE CASO SE TOMO COMO 1)
* Uex (MEDIA)
* SEX (DISPERSION)
  DOUBLE PRECISION DSEED
  DIMENSION R(5000), T(1000), SUMA(1000), Y(1000), F(1000), ALEAT(1000),
  * RAIZ(5000), UM(1000), ALFA(1000), YY(1000), VWK(2000), AI(8),
  * CL(1000), LS(1000), SUPY(5000), SUPLS(5000), SUPCL(5000)

CHARACTER*12 ARCH1
REAL VS,XM,YY,A,LMDA,R,WK,LS,CL,DEX,ULS,SLS,SA2,SS2,UW,UR,SR,SW INTEGER
NR,TR,CONT,NSIM
WRITE(*,*)
WRITE(*,*) PROGRAMA: DDF_LIVE.EXE
WRITE(*,*) "GENERA CON EL METODO MONTECARLO LA:
WRITE(*,*) MAXIMA CARGA VIVA
WRITE(*,*)
WRITE(*,*) .....
WRITE(*,*) * NOTA: *
WRITE(*,*) * SE APLICO LA FORMULA *
WRITE(*,*) * MEJORADA DE WEN *
WRITE(*,*) .....
WRITE(*,*) .....
WRITE(*,*)**
WRITE(*,*)**          DATOS DE PROYECTO:          **
WRITE(*,*)**
WRITE(*,*)** .....
WRITE(*,*)
WRITE(*,*)
```

```
WRITE(*,*)'Nombre del archivo donde desea guardar los resultados:'
WRITE(*,*)'CASO ?:'
READ(*,*)ARCH1
OPEN(1,FILE=ARCH1,STATUS='NEW')
```

```
*****
**                                     **
**      ENTRADA DE DATOS              **
**                                     **
*****
```

```
WRITE(*,*)' Tr [a=] ?:'
READ(*,*)TR
WRITE(*,*)' Tr [a=] =',TR
WRITE(*,*)' Vs [1/a=] ?:'
READ(*,*)VS
WRITE(*,*)' Vs [1/a=] =',VS
XM=1/VS
WRITE(*,*)' Vex [1/a=] ?:'
READ(*,*)VER
WRITE(*,*)' Vex [1/a=] =',VER
WRITE(*,*)' ULs [psf] ?:'
READ(*,*)ULS
WRITE(*,*)' ULs [psf] =',ULS
WRITE(*,*)
WRITE(*,*)' PARA EL CALCULO DE SIS DEBERA INDICAR LOS DATOS'
WRITE(*,*)'Sa Y Ss QUE SE OBTUVIERON DE RESULTADOS EXPERIMENTALES'
WRITE(*,*)' Var[ $L_s$ ] =  $S_a + S_s/A$  '
WRITE(*,*)' Sa [psf]^2 ?:'
READ(*,*)SA2
WRITE(*,*)' Sa [psf]^2 =',SA2
WRITE(*,*)' Ss [psf]p ?:'
READ(*,*)SS2
WRITE(*,*)' Ss [psf]p =',SS2
```

```
***SEMILLA O VALOR ALEATORIO PARA QUE INICIE EL PROCESO DE SIMULACION
DSEED=126666.0D0
WRITE(*,*)'# de simulaciones NSIM ?:'
READ(*,*)NSIM
WRITE(*,*)' NSIM =',NSIM
*****
```

```
*
*SE IMPRIMEN EN EL ARCHIVO DE RESULTADOS LAS CONSTANTES DE DISEÑO *
*
*****
```

```
WRITE(1,*)' PROGRAMA: DDF_LIVE.EXE'
WRITE(1,*)' "GENERA CON EL METODO MONTECARLO LA:"
WRITE(1,*)' "MAXIMA CARGA VIVA"'
WRITE(1,*)' NOMBRE DEL ARCHIVO DE RESULTADOS : ',ARCH1
WRITE(1,*)
WRITE(1,*)' CONSTANTES DE PROYECTO : '
WRITE(1,*)' Tr [a=] =',TR
WRITE(1,*)' Vs [1/a=] =',VS
WRITE(1,*)' Vex [1/a=] =',VER
```

```
WRITE(1,*)'      ULS [psf] = ',ULS
WRITE(1,*)'      Sa [psf]2 = ',SA2
WRITE(1,*)'      Ss [psf]p = ',SS2
WRITE(1,*)'
WRITE(1,*)'      RESULTADOS DEL PROGRAMA :'
```

```
*****
**
**      DATOS PARA GENERAR LA CARGA VIVA EXTRAORDINARIA MAXIMA      **
**
```

```
WRITE(*,*)'*****!
WRITE(*,*)'**
WRITE(*,*)'**      CONSTANTES DE PROYECTO:      **
WRITE(*,*)'**
WRITE(*,*)'*****!
WRITE(*,*)'
```

```
AI(1)=200
AI(2)=400
AI(3)=800
AI(4)=1200
AI(5)=1600
AI(6)=2000
AI(7)=2400
AI(8)=2800
```

DO 200 II=1,8

```
*** REPRESENTAN CONSTANTES EXPERIMENTALES DE DATOS DE CARGAS VIVAS*
*** (ESTAS CONSTANTES PERMITEN DETERMINAR EL CAMBIO DE LA VARIANZA
*** CON EL AREA Sa Y Ss)
```

SLS=SQRT(SA2+SS2/AI(II))

```
*** REPRESENTAN LA MEDIA Y LA DESVIACION ESTANDAR DEL PESO DE UNA
*** PERSONA
```

UW=150  
SW=25

```
*** REPRESENTAN LA MEDIA Y LA DESVIACION ESTANDAR DEL NUMERO DE
*** PERSONAS QUE SE ENCUENTRAN ENTRE UN AREA DE 300 Y 670 ft**2
```

UR=4  
SR=2

```
*** CK CONVIERTE LA CARGA A UN VALOR EQUIVALENTE UNIFORMENTE DISTRIB
*** CK=2.2
```

```
*** EL NUMERO DE CARGAS EN UN AREA DADA CA, ESTA DADA POR:
```

CA=((AI(II)-155)/6.3)\*\*.5

```
*** ESTAS ECUACIONES PERMITEN DETERMINAR LA MEDIA Y LA DESVIACION
*** ESTANDAR DE LA CARGA VIVA EXTRAORDINARIA
```

UEX=CA\*UW\*UR/AI(II)  
SEX=SQRT((CA\*CK\*(UR\*SW\*\*2+UW\*\*2\*SR\*\*2+UW\*\*2\*UR\*\*2))/AI(II)\*\*2)

```
WRITE(1,*)' AREA(II)      ULS      SLS      Uex      Sex'
WRITE(1,60)AI(II), ULS, SLS, UEX, SEX
```

```
DEX=SEX/UEX
WRITE(*,*)
WRITE(*,*)
WRITE(*,*)' Ai [fl2] =' ,AI(II)
WRITE(*,*)' ULS [psf] =' ,ULS
WRITE(*,*)' SLS [psf] =' ,SLS
WRITE(*,*)' Uex [psf] =' ,UEX
WRITE(*,*)' Sex [psf] =' ,SEX
```

```
*****
**
** IMPORTANTE: se tomaron Uls y Sls para obtener los parametros **
** Lamda y K (factor de forma -A-) de la funcion gamma **
**
*****
```

```
* LAMDA
LMDA=ULS/(SLS**2)
```

```
* FACTOR DE FORMA
A=(ULS**2)/(SLS**2)
```

```
*****
**
** INICIA EL PROCESO DE GENERACION DE NSIM SIMULACIONES **
**
*****
```

```
DSEED=126666.0D0
NR=NSIM
CALL GSUBS(DSEED,NR,R)
DO 5 N=1,NSIM
5 RAIZ(N)=R(N)
```

```
WRITE(*,*) Espere un momento ...'
WRITE(*,*)
```

```
SUMY=0.0
SUMLS=0.0
SUMCL=0.0
CONT=0
```

```
DO 100 L=1,NSIM
```

```
SUMA(0)=1
```

```
*****
** LA SEMILLA SEGUIRA UN PROCESO ALEATORIO **
*****
DSEED=RAIZ(L)*2147483647.D0
```

```
* RESULTABA NECESARIO SEÑALAR EL NUMERO DE DESVIACIONES " NR "
```

\* A SER GENERADAS, EN ESTE CASO SE PROPUSO NR=1000  
NR=1000

\*\* SE GENERAN TIEMPOS ALEATORIOS MEDIANTE UNA F.D.P EXPONENCIAL \*\*

```
CALL GGEXN(DSEED,XM,NR,R)
DO 10 I=1,NR
  T(I)=R(I)
  SUMA(I)=SUMA(I-1)+T(I)
  IF(SUMA(I)-TR)10,40,30
30 T(I)=TR-SUMA(I-1)
  GOTO 40
10 CONTINUE

40 WRITE(*,90)I,L
```

\* GENERA NUMEROS ALEATORIOS ENTRE (0,1) \*

```
CALL GGUBS(DSEED,NR,R)
DO 42 N=1,I
42 ALEAT(N)=R(N)
```

\* GENERA LA CARGA SOSTENIDA S(t) EN UN PUNTO ARBITRARIO EN EL TIEMPO \*

```
* FACTOR DE FORMA
A=(ULS**2)/(SLS**2)
CALL GGAMR(DSEED,A,NR,WK,R)
DO 45 N=1,I
45 R(N)=R(N)/LMDA
```

\* EN ESTE CICLO SE DETERMINA LA CARGA EXTRAORDINARIA MAXIMA, MEDIANTE \*  
\* UNA FUNCION EXTREMA TIPO I Y LA FORMULA MEJORADA DE WEN \*

```
SUPT=0.0
SUPY(L)=0.0
SUPRND=0.0
SUPU=0.0
SUPA=0.0
SUPLS(L)=0.0
SUPCL(L)=0.0
```

```
DO 50 J=1,I
C1=0.77969*ALOG(VER*T(J))
C2=(1+C1*DEX)/(2*DEX+C1)
P=C1*(1+0.1*DEX**3)
UEM=UEX+P*SEX
SEM=UEX*DEX*1.282*C2
ALFA(J)=1.282/SEM
IF(ALFA(J).LE.(1E-6))GOTO 50
```

```
UM(J)=UEM-0.5772/ALFA(J)
IF(UM(J).LE.(1E-6))GOTO 50
YY(J)=ALEAT(J)
Y(J)=UM(J)-(ALOG(-ALOG(YY(J))))/ALFA(J)
IF(Y(J).LE.(1E-6))GOTO 50

CL(J)=Y(J)+R(J)

**      EN ESTE IF SE SELECCIONA LA CARGA COMBINADA MAXIMA QUE RESULTA DE
**      EN LOS "N" PROCESOS DE SIMULACION.

IF(CL(J).GE.SUPCL(L))THEN
    SUPT=T(J)
    SUPY(L)=Y(J)
    SUPRND=YY(J)
    SUPU=UM(J)
    SUPA=ALFA(J)
    SUPLS(L)=R(J)
    SUPCL(L)=CL(J)
ELSE
    SUPT=SUPT
    SUPY(L)=SUPY(L)
    SUPRND=SUPRND
    SUPU=SUPU
    SUPA=SUPA
    SUPLS(L)=SUPLS(L)
    SUPCL(L)=SUPCL(L)
ENDIF

IF(J.GE.I)GOTO 70
50 CONTINUE

70  CONT=CONT+1

    SUPY(CONT)=SUPY(L)
    SUPLS(CONT)=SUPLS(L)
    SUPCL(CONT)=SUPCL(L)

    SUMY=SUMY+SUPY(CONT)
    SUMLS=SUMLS+SUPLS(CONT)
    SUMCL=SUMCL+SUPCL(CONT)

60 FORMAT(5F12.3)

90 FORMAT(1H+' Ciclo :',I2,' ,# de simulaci#n ... ',I4)

100 CONTINUE

    UY=SUMY/CONT
    USS=SUMLS/CONT
    UCL=SUMCL/CONT

    SSY=0.0
    SSLS=0.0
    SSCL=0.0
```

```
DO 110 N=1,CONT
SSY=SSY+(SUPY(N)-UY)**2
SSLS=SSLS+(SUPLS(N)-USS)**2
110 SSCL=SSCL+(SUPCL(N)-UCL)**2

VY=SSY/CONT
VLS=SSLS/CONT
VCL=SSCL/CONT

WRITE(1,*) E[ext] Var[ext] E[ls] Var[ls]
2E[t] Var[t]
WRITE(1,120)UY,VY,USS,VLS,UCL,VCL
WRITE(1,*)
WRITE(*,*) E[ext] [psf] =,UY
WRITE(*,*) Var[ext] [psf] =,VY
WRITE(*,*) E[ls ] [psf] =,USS
WRITE(*,*) Var[ls ] [psf] =,VLS
WRITE(*,*) E[t ] [psf] =,UCL
WRITE(*,*) Var[t ] [psf] =,VCL

120 FORMAT(6F12.3)

200 CONTINUE

CLOSE(1)
STOP
END
```

---

### REFERENCIAS

1. Soriano, J. A. y Ruiz, S. E., "Modelación matemática de las cargas vivas en edificios", Informe para el Departamento del Distrito Federal, Parte I, diciembre 1995.
2. Vázquez M., Cervantes G., Urrego O., Soriano J. A. y Ruiz S. E., "Estudios estadísticos sobre cargas actuantes en pisos de oficinas en el Distrito Federal", Informe para el Departamento del Distrito Federal. Parte II, diciembre de 1995.
3. Kennedy, J. Y Neville, A. Estadística para ciencias e ingenierías, Editorial Harla, México segunda edición 1982.
4. Coleman, R. Procesos Estocásticos, Editorial Limusa, México, primera edición 1976.
5. Ellingwood, B. y Culver, Ch., "Análisis of lives loads in office buildings", Journal of the Structural Division, ASCE, 1977, ST8, 1551-1560.
6. McGuire, R. K. Cornell, C.A., "Live loads effects in office buildings", Journal of the Structural Division, ASCE, 1974, ST7, 1351-1366
7. Soriano, J. A., "Análisis Teórico Sobre Cargas Vivas en Edificios", Tesis de Maestría, DEPMI, UNAM 1996.
8. Pier, J. C., "A Stochastic Live Load Model for Buildings" Research Report R71-35 Massachusetts Institute of Technology Department of Civil Engineering, Cambridge, Mass., septiembre de 1971.
9. Chalk, Philip L. y Corotis, R. B. "Probability model for design live loads", Journal of the Structural Division, octubre, 1980, ST10, 15735 pp. 2017-2033.
10. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (Criterios de Diseño Estructural, Cargas Vivas). Editorial SISTA S.A. de C. V. México 1995.
11. Sóbol, I. M. Método de Montecarlo, Editorial MIR, Moscú, segunda edición 1983.
12. Meli, R. Diseño Estructural. Editorial Limusa, México, quinta reimpresión 1993.
13. Wen, Yi-Kwei. "Statistical Combination of Extreme Loads", Journal of the Structural Division, Mayo, 1977, ST5, 12390, pp. 1079-1093.
14. Wen, Yi-Kwei. "Statistics of Extreme of Live Load", Journal of the Structural Division, octubre, 1979, ST10, 14886, pp. 489-1900.
15. American National Standards Institute (Minimum Design Loads for Building and Other Structures), Editorial ASCE, New York, U.S.A., 1994. pp1-7, 92-98.

16. Benjamin, Jack R. Y Cornell, C. Allin 1970. Probability Statistics and Decision for Civil Engineering, Editorial McGraw-Hill, 1970.
17. Spiegel, Murray R. Teoría y Problemas de Probabilidad y Estadística tr. Jairo Osuna Suárez, editorial McGraw-Hill, México 1991.
18. Cervantes, G., "Análisis Estadístico de Cargas Vivas en Edificios para Oficinas en el Distrito Federal", Tesis de Licenciatura , ENEP Acatlan, México 1997.
19. Sampayo, A., "Cargas Vivas de Diseño en Salones de Clase", Tesis de Maestría, DEPMI, UNAM 1998.
20. Instituto del Fondo Nacional Para la Vivienda de los Trabajadores (cuadro base de prototipos y criterios normativos de vivienda), Editorial INFONAVIT, México 1979.
21. Propuesta para el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, México 2002.