

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA SANITARIA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS**

Tutor: Prof. José M. Velásquez

Cotutor: Prof. María E. Korody

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de  
Venezuela para optar al título  
de Ingeniero Civil.

Por la Br. Arozena Affigne, Eguzki María

Caracas, Junio de 2005

*A mi padre,*

*Quien ha sido, es y será siempre mi ejemplo a seguir, no únicamente por su excelente desempeño en el ámbito profesional; sino principalmente por su práctica como ser humano en el día a día, siempre con una actitud de perseverancia ante la vida y dispuesto a ayudar con la mayor gentileza y sencillez a quien lo necesite.*

*Te quiero papi*

## AGRADECIMIENTOS

Ante todo a Dios, por darme la sabiduría y fortaleza necesaria para culminar este trabajo y el resto de mi carrera.

A mi mamá, en cuyo vientre me encontré nueve meses y desde ese momento se ha encargado de llenarme de amor, y de formarme para lograr los éxitos de los cuales disfruto hoy.

A mi hermana, mi mejor amiga, compañera incondicional no solo en la realización de este trabajo, sino en todos los aspectos de mi vida; gracias por tu apoyo, compañía en tantos soles y lunas.... y por tu paciencia en todos esos ratos.

A mi tía Ivonne, mi madrina y segunda madre, y a Irma, “*cuasi madrina*”, por su constante preocupación y ayuda en tantos aspectos y detalles a veces intangibles, pero siempre importantes.

A mi familia y a mi novio, por estar siempre a mi lado dándome ánimo y ayudándome en todo lo que les era posible. Celso, gracias por tu paciencia.

A mis amigos, Juan, Gabriel, Claudia, Jenniffer y María Eugenia, compañeros fieles y constantes a lo largo de este trabajo.

A todos aquellos profesores de que alguna u otra forma se encontraron involucrados con esta investigación, gracias por su tiempo y conocimiento. En especial al profesor César Peñuela, por su paciencia y ayuda espontánea.

Y por su puesto, a mi papá....sin palabras.

**Arozena A. Eguzki M.**

## **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA SANITARIA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS**

**Tutor: Prof. José M. Velásquez. Cotutor: Prof. María E. Korody. Trabajo Especial de  
Grado. Ciudad Universitaria de Caracas, Facultad de Ingeniería. Escuela de  
Ingeniería Civil. 2005. 104 pags.**

Palabras claves: evaluación, estructura, concreto, Ingeniería Sanitaria

El trabajo presentado se enmarca dentro de la línea de investigaciones y estudios que viene desarrollando el Departamento de Ingeniería Estructural de la Facultad de Ingeniería de la Universidad central de Venezuela (UCV) junto con el Consejo de Preservación y Desarrollo de esta casa de estudios (COPRED), para la evaluación de las condiciones actuales en las cuales se encuentran las obras y estructuras de la Ciudad Universitaria de Caracas. En este orden de ideas en la presente investigación se realiza la evaluación del comportamiento estructural del Edificio de Ingeniería Sanitaria, a fin de continuar el proceso sistemático de registro de las obras de concreto armado ubicadas en la Ciudad Universitaria de Caracas.

Para lograr este objetivo se desarrolló una metodología que se divide principalmente en tres etapas. La primera corresponde a la recopilación de información concerniente a los datos de la edificación, incluyendo reseña histórica, información planimétrica y levantamiento en sitio para completar los datos, principalmente geométricos, que no fueron encontrados. En la segunda etapa se realizó el recálculo de la estructura empleando dos programas de cálculo estructural. En esta fase se encuentran todos los análisis realizados para la determinación del modelo más adecuado para la evaluación de la edificación. Por último se tiene la fase de comparación de resultados obtenidos con los distintos modelos, y el análisis de los resultados referentes a parámetros dinámicos y peso de la estructura; además de esto se presentan las áreas de acero requeridas para vigas y columnas según las exigencias de la norma actual.

Luego de realizar el análisis se obtuvo que los valores para los parámetros evaluados entre los distintos programas eran muy semejantes entre sí (diferencias de 10%), además de esto se observó que las derivas se encontraban dentro de los valores permitidos por la Norma Covenin 1756-01. Por otra parte, al analizar las áreas de acero requeridas en los elementos estructurales, estas arrojaron valores elevados (con valores promedio de cuantías: en vigas  $\approx 1,5\%$  y en columnas  $\approx 4,5\%$ ), pero que se encuentran en el rango de porcentajes permitidos por la Norma Covenin 1753-87.

---

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I. EL PROBLEMA</b> .....	4
I.1 Planteamiento del problema.....	4
I.2 Objetivos .....	6
I.2.1 Objetivo general.....	6
I.2.2 Objetivos específicos .....	6
I.3 Alcances y Limitaciones .....	7
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	8
II.1 Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural De La Humanidad.....	8
II.1.1 Patrimonio Cultural de la Humanidad.....	8
II.1.2 Tipos de Patrimonio .....	8
II.1.3. Criterios Bases para La Declaración de Patrimonio.....	9
II.1.4. Declaración de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) como Patrimonio Mundial .....	11
II.1.4.1 Historia y Descripción de la CUC.....	11
II.1.4.2 Proyecto. Criterios propuestos para la inscripción de la CUC en la Lista de Patrimonio Mundial.....	12
II.1.4.3 Evaluación y recomendación del Instituto Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS) .....	15

---

II.1.4.4. Declaración.....	15
II.1.4.5. Compromisos.....	17
II.2 Datos de la Edificación.....	18
II.2.1. Reseña histórica.....	18
II.2.2 Descripción general de la edificación.....	19
II.2.3 Datos geológicos – geotécnicos.....	21
II.3 Normativa.....	26
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO IV. INFORMACIÓN PLANIMÉTRICA. LEVANTAMIENTO ...</b>	<b>30</b>
IV.1 Información planimétrica.....	30
IV.1.1 Losas .....	30
IV.1.2 Vigas .....	30
IV.1.3 Columnas .....	35
IV.2 Detección de acero de refuerzo.....	37
IV.2.1 Características del equipo Ferrosan FS10.....	37
IV.2.2 Información obtenida con el sistema Ferrosan FS10.....	39
IV.3 Estado actual de la estructura.....	41
IV.3.1 Clasificación y tipos de daños .....	41

---

IV.3.2 Escala de daños .....	43
IV.3.3 Planilla de levantamiento de daños.....	44
<b>CAPÍTULO V. RECÁLCULO DE LA ESTRUCTURA .....</b>	<b>46</b>
V.1 Protocolo de recálculo.....	46
V.1.1 Método de análisis - Modelo.....	46
V.1.1.1 Modelos analizados .....	51
V.1.1.2 Consideración de “parasoles” de la fachada Oeste dentro del modelo estructural.....	52
V.1.2 Cargas consideradas .....	53
Cargas permanentes (CP).....	54
Cargas variables (CV).....	54
Acciones accidentales (S) .....	54
V.1.3 Combinaciones de carga.....	55
V.2. Resultados y Análisis .....	56
V.2.1 Peso de la estructura.....	56
V.2.2 Análisis modal.....	57
V.2.3 Fuerzas cortantes .....	58
V.2.4 Derivas .....	60
V.2.5 Áreas de acero requeridas en elementos estructurales .....	61

<b>CONCLUSIONES</b> .....	70
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	72
<b>ANEXOS</b> .....	75

## INTRODUCCIÓN

La Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) inaugurada en 1953 fue un proyecto desarrollado a partir del año 1943 durante la presidencia de Isaías Medina Angarita para servir de sede a la Universidad Central de Venezuela (UCV), la cual funcionaba anteriormente en el Convento de San Francisco. Este proyecto tuvo como arquitecto delegado a Carlos Raúl Villanueva, quien se encargó de crear los espacios necesarios para integrar las necesidades académicas, culturales y deportivas de la comunidad Ucevista sin descuidar ningún detalle arquitectónico y de las artes.

Las características de esta obra la llevaron a su inclusión dentro de la Lista de Patrimonio Mundial en Noviembre del año 2000. De esta forma la CUC adquiere el compromiso ante la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) de preservar todos los bienes que se enmarquen dentro de esta declaración. Para este fin se han realizado una serie de estudios donde se plantean posibles problemas estructurales y patológicos de las obras de la CUC; incluyéndose en ésta línea de investigación diversos Trabajos de Grado realizados en el Departamento de Ingeniería Estructural de la UCV, enfocados a evaluar el comportamiento estructural de distintas edificaciones ubicadas dentro de la Ciudad Universitaria de Caracas.

Entre las estructuras a ser preservadas por encontrarse dentro de las Obras declaradas Patrimonio Cultural de la Humanidad se encuentra el Edificio de Ingeniería Sanitaria, el cual será objeto de esta investigación. La construcción de ésta edificación se inició en el año 1967 y fue concluida en 1973, teniendo de esta forma 32 años en uso. Cuenta con 3 niveles, pero a pesar de su poca altura (9,38 mts) posee una topología particular que involucra características como columnas de triple altura y plantas en forma de “C”.

En esta investigación se presenta una evaluación estructural del Edificio de Ingeniería Sanitaria, a fin de continuar el proceso sistemático de registro de las obras de concreto armado ubicadas en la Ciudad Universitaria de Caracas. Este trabajo se encuentra estructurada en 5 capítulos, descritos a continuación.

En el primero, denominado El Problema, se presenta la situación a investigar, describiendo el problema, los objetivos del trabajo y las posibles limitaciones a encontrarse durante la investigación.

El segundo, titulado Marco Teórico Referencial, se divide en tres partes principales, donde se describe en principio el proceso de declaración de la Ciudad Universitaria de Caracas como Patrimonio Cultural de la Humanidad, incluyendo los aspectos más resaltantes de los requisitos y normativas planteadas por la UNESCO; luego se presenta una reseña histórica de la edificación en estudio, añadiendo una descripción general de la misma en cuanto a su topología, geometría y datos geológicos de interés para la evaluación. Por último, en este capítulo se expone la situación referente a la normativa utilizada en el proyecto original, ya que para la fecha comprendida entre el inicio del proyecto y la culminación de su construcción se realizó en el país un cambio en la norma vigente, y se desconoce si se realizó alguna modificación en el proyecto.

En el tercer capítulo, Metodología, se especifican las actividades realizadas para llevar a cabo los objetivos planteados en la investigación, las cuales fueron agrupadas en tres fases: recopilación y registro de información, recálculo de la estructura y comparación de resultados obtenidos con los distintos modelos.

El capítulo cuatro, denominado Información Planimétrica – Levantamiento, se divide en tres partes. En la primera se muestra la información correspondiente a la geometría de los miembros de la estructura, recopilada a través de los planos hallados y mediciones realizadas en sitio; en la segunda parte se encuentra una descripción del sistema para realizar detección de acero de refuerzo en elementos estructurales de concreto armado con el sistema Ferrosan FS10, el cual fue necesario emplear debido

---

a la ausencia de planos estructurales y memorias descriptivas o de cálculo que brindaran información referente al armado de la estructura. Al final de este capítulo se describe el estado actual de la edificación, evaluado mediante una inspección visual realizada a la edificación con el uso de planillas y una escala de daños elaboradas para este fin.

Por último, se encuentra el quinto capítulo, Recálculo de la estructura, en el cual se presenta toda la metodología utilizada para realizar el recálculo de la edificación con el uso de dos programas de cálculo y la descripción de distintos modelos que permitieran realizar la evaluación estructural planteada como objetivo principal de este trabajo. Igualmente se exponen los resultados obtenidos durante la investigación y el análisis de los mismos.

---

## CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

### I.1 Planteamiento del problema

La Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) es un centro de estudios en el cual se encuentran distintos espacios, deportivos, naturales y culturales, junto con una serie de edificaciones que conforman la infraestructura necesaria para el desarrollo de la enseñanza y la investigación.

Esta casa de estudio fue declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) en el año 2000, con lo cual la CUC adquiere el compromiso de mantener y preservar la condición original de sus obras y estructuras, a través de programas de prevención y evaluación.

A raíz de ésta declaración se forma el Consejo de Preservación y Desarrollo de la Universidad Central de Venezuela (COPRED), el cual ha venido realizando estudios de vulnerabilidad estructural de las edificaciones de la CUC. Como contribución a estas investigaciones, en el Departamento de Ingeniería Estructural de la Escuela de Ingeniería Civil de la UCV, se han realizado una serie de Trabajos de Grado enfocados a evaluar el riesgo al que pueden estar expuestas algunas estructuras de la UCV; en este sentido, han sido estudiados los edificios de las Facultades de Arquitectura y Urbanismo, Odontología, Farmacia, edificio de aulas de la Facultad de Ingeniería, Medicina Experimental y el edificio de la Biblioteca Central.

El edificio de Ingeniería Sanitaria, el cual será objeto de estudio en este trabajo, forma parte de las estructuras del proyecto original de la Universidad Central de Venezuela, por lo cual se encuentra dentro del conjunto de edificaciones consideradas en la declaración de la Ciudad Universitaria de Caracas como Patrimonio Mundial.

El proyecto de esta edificación de tres (3) niveles se realizó entre los años 1967 – 1972. Cuenta con una planta en forma de “C”, donde se distinguen tres módulos

aportados ubicados alrededor de un patio de triple altura, y cuenta con una fachada conformada únicamente por parasoles de concreto desde la planta baja hasta el último nivel de la edificación.

Actualmente no se observan daños estructurales que indiquen riesgo en la edificación. Por otra parte, esta se encuentra en funcionamiento según su uso original, es decir, educacional, apreciándose una modificación en la disposición de sus espacios internos que no varía significativamente respecto a la inicial.

Resulta importante destacar la diferencia entre la normativa existente en el momento del proyecto de la edificación y la normativa actual, ya que las normas vigentes tienen un mayor nivel de exigencia debido a los avances en investigaciones y tecnología, especialmente en el área de evaluación sísmica.

La estructura en estudio está ubicada en el Distrito Capital, con lo cual se encuentra en una zona de “*peligro sísmico elevado*”, según la norma Venezolana Covenin 1756 “Edificaciones Sismorresistentes”. Al incorporar esta clasificación a las características de uso de la edificación (uso público de baja ocupación) se tiene que la estructura debe ser calculada (en la actualidad) con el nivel de diseño más exigente indicado en la misma norma.

Una vez planteadas estas condiciones, cabe preguntarse si la estructura existente cumple con las exigencias de las normas Venezolanas actuales, y de igual forma que comportamiento presentaría ésta al ser analizada bajo las acciones sísmicas indicadas en las mismas.

## **I.2 Objetivos**

### **I.2.1 Objetivo general**

Evaluar y analizar el comportamiento estructural del Edificio de Ingeniería Sanitaria, a fin de continuar el proceso sistemático de registro de las obras de concreto armado ubicadas en la Ciudad Universitaria de Caracas.

### **I.2.2 Objetivos específicos**

- Recopilar los requerimientos de la UNESCO en torno a este tema.
- Realizar una inspección visual del estado actual de la estructura.
- Agrupar la información planimétrica original de la estructura.
- Presentar un protocolo de recálculo para el modelo estructural definido.
- Realizar el recálculo y evaluación de la edificación seleccionada mediante el uso de dos programas de cálculo.

---

### I.3 Alcances y Limitaciones

Dentro de esta evaluación resulta fundamental contar con la información planimétrica, tanto arquitectónica como estructural, de manera de tener los datos necesarios para la elaboración del modelo estructural para el estudio de la edificación.

Debido al tiempo transcurrido desde el inicio del proyecto hasta el presente (38 años) y los eventos sucedidos en el lapso de la realización y construcción del mismo, tales como el sismo ocurrido en Caracas en 1967 y el cierre de la UCV en el año 1968, podría darse el caso de que todos los planos y la memoria descriptiva y de cálculo no se encontraran en los archivos del COPRED o en los organismos relacionados con este tipo de información, como la Biblioteca Nacional y la Planoteca del Ministerio de Infraestructura (MINFRA). Esto limitaría los análisis de los resultados de la investigación, ya que no podría realizarse la comparación entre los resultados arrojados en la evaluación y los valores encontrados en los planos.

---

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### II.1 Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural De La Humanidad

#### II.1.1 Patrimonio Cultural de la Humanidad

El Instituto del Patrimonio Cultural (IPC) define como Patrimonio Cultural de la Humanidad aquellos “bienes que por sus valores artísticos, históricos, sociales o científicos tengan un valor universal excepcional [independientemente del territorio en que estén localizados] y que sean declarados como tal por el Comité de Patrimonio Mundial de la UNESCO”.

El principal instrumento legal de carácter internacional para la identificación y preservación del patrimonio cultural y natural es la “Convención sobre Protección de Patrimonio Cultural/Natural de la Humanidad”, aprobada por la UNESCO en 1972. Cada Estado Parte de esta convención esta a cargo de identificar y delimitar los diversos bienes situados en su territorio. Venezuela pasó a formar parte de esta Convención en el año 1991.

#### II.1.2 Tipos de Patrimonio

Existen dos tipos de Patrimonios, Cultural y Natural, definidos por la Convención sobre Protección de Patrimonio Cultural/Natural de la Humanidad (1972) en sus Artículos 1 y 2, respectivamente.

Se considera "patrimonio cultural":

- Los monumentos: obras arquitectónicas, de escultura o de pintura monumentales, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, cavernas y grupos de elementos, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia,

- Los conjuntos: grupos de construcciones, aisladas o reunidas, cuya arquitectura, unidad e integración en el paisaje les dé un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia,

- Los lugares: obras del hombre u obras conjuntas del hombre y la naturaleza así como las zonas, incluidos los lugares arqueológicos que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista histórico, estético, etnológico o antropológico.

Se considera "patrimonio natural":

- Los monumentos naturales constituidos por formaciones físicas y biológicas o por grupos de esas formaciones que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista estético o científico,

- Las formaciones geológicas y fisiográficas y las zonas estrictamente delimitadas que constituyan el habitat de especies, animal y vegetal, amenazadas, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista estético o científico,

- Los lugares naturales o las zonas naturales estrictamente delimitadas, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la ciencia, de la conservación o de la belleza natural.

### **II.1.3. Criterios Bases para La Declaración de Patrimonio**

La selección de los bienes a ser incluidos en la Lista de Patrimonio Mundial se basa en una serie de criterios establecidos en las Pautas Operacionales para la Implementación de la Convención del Patrimonio Mundial <sup>1</sup> (2005), los cuales son revisados regularmente por el comité para reflejar la evolución del concepto de patrimonio mundial. Para que un bien sea incluido dentro de la Lista de Patrimonio Mundial, además de poseer un valor excepcional, debe cumplir al menos uno de estos criterios, mencionados a continuación:

Criterios de inscripción bienes culturales:

---

<sup>1</sup> Original en inglés: Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention

- i. Representa una obra maestra del genio creativo humano.
- ii. Presenta una importante relación de valores humanos, en un periodo de tiempo o en un área cultural del mundo, desarrollos en arquitectura o tecnología, arte monumental, diseño urbano o diseño paisajístico.
- iii. Representa un testimonio único o por lo menos excepcional de una tradición cultural o una civilización viva o que ya desapareció.
- iv. Ser un ejemplo extraordinario de un tipo de construcción o arquitectura o ensamble tecnológico o paisaje que ilustra periodos significantes en la historia humana.
- v. Ser una excepcional ejemplo de un asentamiento humano tradicional o de uso del suelo representativo de una cultura (o culturas), especialmente cuando es vulnerable bajo el impacto de cambios irreversibles
- vi. Ser directamente o tangiblemente relacionada con eventos o tradiciones vivas, con ideas o con creencias, con obras literarias o artísticas de valor universal (El comité considera que este criterio debe justificar la inclusión en la lista solo en circunstancias excepcionales y en conjunto con otros criterios culturales o naturales).

#### Criterios de inscripción bienes naturales

- i. Ser ejemplos eminentes representativos de las grandes fases de la historia de la tierra, incluido en el testimonio de la vida, de procesos geológicos en curso en la evolución de las formas terrestres o elementos geomórficos y fisiográficos de mucha significación.
- ii. Ser ejemplos representativos de procesos ecológicos e ideológicos en curso en la evolución y el desarrollo de los ecosistemas y las comunidades de vegetales y animales terrestres, acuáticos, costeros y marinos.
- iii. Representar fenómenos naturales o áreas de belleza natural e importancia estética excepcionales.
- iv. Contener los hábitats naturales más representativos y más importantes para la conservación *in situ* de la diversidad biológica, comprendidos aquellos en los que sobreviven especies amenazadas que tienen un valor universal excepcional desde el punto de vista de la ciencia o de la conservación.

## **II.1.4. Declaración de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) como Patrimonio Mundial**

### II.1.4.1 Historia y Descripción de la CUC

La Universidad Central de Venezuela fue fundada en el año 1721 bajo el nombre de Real y Pontificia Universidad de Caracas, teniendo como institución antecesora el Seminario de Santa Rosa. Desde su apertura hasta el año 1827 ocupó la misma sede de dicha institución; luego en ese año deja de ser Real y Pontificia, para convertirse en Universidad Central de Venezuela y es trasladada para la antigua sede del Convento de San Francisco. Por último, desde 1953 ocupa la Ciudad Universitaria, decretada en 1943 por el presidente Isaías Medina Angarita; la obra fue inaugurada diez años más tarde, en 1953, y continuada su construcción durante el gobierno de Marcos Pérez Jiménez (Leal, 1981).

Carlos Raúl Villanueva fue el Arquitecto encargado del proyecto de la Ciudad Universitaria de Caracas, el cual comienza en 1944, a partir del conjunto del Hospital y se desarrolla durante los 16 años siguientes. El diseño del proyecto se basa en un esquema utilizando zonificaciones según los usos que albergan los centros a desarrollarse, encontrándose que las actividades consideradas en un principio por Villanueva fueron<sup>2</sup>:

- § Zona 1: Centro Directivo y Cultural (Plaza Cubierta-Aula Magna-Biblioteca)
- § Zona 2: Medicina
- § Zona 3: Humanidades / Ciencias (Ingeniería, Economía, Humanidades y Ciencias)
- § Zona 4: Vivienda

---

<sup>2</sup> [http://www.arq.ucv.ve/centenariovillanueva/CUC/Su\\_Presente/Descrip\\_General/Descrip\\_General.htm](http://www.arq.ucv.ve/centenariovillanueva/CUC/Su_Presente/Descrip_General/Descrip_General.htm)

- § Zona 5: Botánica
- § Zona 6: Arquitectura
  - § Zona 7: Deportes
  - § Zona 8: Escuela Técnica Industrial
  - § Zona 9: Servicios

En su diseño, a partir de 1948 Villanueva desarrolló diversos tipos de elementos que eran posteriormente característicos de su trabajo, tales como:

- Quiebrasoles
- Pasillos Peatonales Cubiertos
- Valorización del Concreto Armado a la vista
- Celosías
- Incorporación de Obras de Arte

Desde la muerte de Villanueva ha habido varias modificaciones, incluyendo estructuras nuevas o provisionales, algunas de ellas diseñadas por Gorka Dorronsoro, quien fue uno de los colaboradores de Villanueva durante 11 años.

Actualmente la Ciudad Universitaria de Caracas cuenta con sesenta y cinco edificaciones, construidas en un área de 164,2203 hectáreas; dentro de un terreno de 202,53 hectáreas de propiedad ubicado en la parroquia San Pedro, Municipio Libertador, Distrito Federal.

#### II.1.4.2 Proyecto. Criterios propuestos para la inscripción de la CUC en la Lista de Patrimonio Mundial

En el año 1999 se realizó la postulación de la Ciudad Universitaria de Caracas como Patrimonio Cultural de la Humanidad ante la UNESCO. Este proyecto se realizó bajo la tutela del Instituto Patrimonio Cultural de Venezuela, quienes prestaron

entrenamiento al equipo multidisciplinario encargado de recopilar la información solicitada para optar por el título Patrimonio Cultural de la Humanidad; este entrenamiento fue enfocado a la metodología para el registro de edificaciones y obras de arte.

Dentro de la información enviada a la UNESCO en el Proyecto de postulación (1999)<sup>2</sup>, se encuentran los criterios propuestos como justificación del proyecto, los cuales fueron:

#### Criterio i

La Ciudad Universitaria de Caracas representa una obra de arte que constituye una obra maestra del genio creativo humano, su valor más trascendental. Los espacios urbanos y arquitectónicos creados por Villanueva integrado con los trabajos de los artistas que participaron en la "integración de los artes" son de calidad y carácter incomparable. La esencia del trabajo está en el mensaje y en la emoción estética que sus autores han manejado para transmitirla.

#### Criterio ii

La Universidad representa el cumplimiento en América latina de una gran parte de las propuestas hechas por los movimientos artísticos y arquitectónicos del avant-garde del vigésimo siglo temprano en Europa. Constituye un ejemplo excepcional en un pequeño recinto de un mundo utópico reflejando ese tiempo y expresando la calidad del urbanismo moderno, el uso de la tecnología moderna, la creación de formas abstractas modernas, y la construcción de una integración espacial del interior y exterior reflejada en la dimensión del tiempo. El conjunto representa el mejor ejemplo de la integración de los trabajos de los artistas del avant-garde

#### Criterio iii

Siendo un testimonio excepcional y ejemplar del planeamiento moderno de la ciudad, arquitectura, y arte, la Ciudad Universitaria de Caracas limita íntimamente a la cultura y las condiciones del lugar. Constituye una interpretación ingeniosa de los conceptos y de los espacios de tradiciones coloniales y un ejemplo de una arquitectura abierta, ventilada, y protegida, apropiada para su ambiente tropical.

#### Criterio iv

El Ciudad Universitaria de Caracas es un ejemplo excepcional y uno de los mejores en existencia en el mundo, de los conceptos urbanos, arquitectónicos, y artísticos modernos del vigésimo siglo temprano. Por lo tanto ilustra de una manera excelente este período reciente pero ya significativo en la historia humana.

<sup>2</sup> Original en inglés:

Criterion i

The Ciudad Universitaria de Caracas represents a work of art that constitutes a masterpiece of human creative genius, its most transcendental value. The urban and architectural spaces created by Villanueva integrated with the works of the artists who participated in the “integration of the arts” are of incomparable quality and character. The essence of the work is in the message and in the aesthetic emotion that its authors have managed to transmit

Criterion ii

The University represents the fulfilment in Latin America of a great part of the propositions made by the artistic and architectural avant-garde movements of the early 20<sup>th</sup> century in Europe. It constitutes an outstanding example in a small enclosure of a utopian world reflecting that time and expressing the quality of modern urbanism, the application of modern technology, the creation of modern abstract forms, and the construction of a spatial integration of inside and outside reflected in the dimension of time. The ensemble represents the best example of the integration of the works of avant-garde artists.

Criterion iii

Being an exceptional and exemplary testimony of modern city planning, architecture, and art, the Ciudad Universitaria de Caracas is intimately bound to the culture and conditions of the place. It constitutes an ingenious interpretation of the concepts and spaces of colonial traditions and an example of an open, ventilated, and protected architecture, appropriate for its tropical environment.

Criterion iv

The Ciudad Universitaria de Caracas is an outstanding example, and one of the best in existence in the world, of the modern urban, architectural, and artistic concepts of the early 20th century. It therefore illustrates in an excellent way this recent but already significant period in human history.

#### II.1.4.3 Evaluación y recomendación del Instituto Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS)

El Instituto Internacional de Monumentos y Sitios, es una organización no gubernamental fundada en 1965 para promover la doctrina y las técnicas de la conservación. Es encargada de proveer al Comité del Patrimonio Cultural de evaluaciones de las propiedades con valores culturales propuestos para la inscripción en la Lista del Patrimonio Mundial, así como estudios comparativos, asistencia técnica e informes sobre el estado de la conservación de los bienes inscritos.

En la evaluación realizada por dicho Instituto a la Ciudad Universitaria de Caracas, este hizo la acotación sobre dos puntos que no fueron tratados adecuadamente. El primero, sobre la falta de información referente a la coordinación de las formas de intervención y conservación de las edificaciones. Y en el segundo, se mencionó la ausencia de detalles sobre la gerencia y conservación del Jardín Botánico. Esta información fue provista al ICOMOS luego de un mes de ser solicitada, para ser estudiada por el mismo.

Luego de realizar la evaluación completa, el ICOMOS, junto con el Comité del Patrimonio Mundial consideraron como criterios básicos para la inclusión de la Ciudad Universitaria de Caracas en la Lista del Patrimonio Mundial, los numerados como “i” y “iv” en la lista de los cuatro criterios propuestos dentro del proyecto de la Ciudad Universitaria de Caracas, mencionados en el ítem III.1.4.3 de este Capítulo.

#### II.1.4.4. Declaración

La Ciudad Universitaria de Caracas pasa a formar parte de la Lista del Patrimonio Mundial en Diciembre de 2000. La información referente a la declaración se encuentra en el documento de la 24ª Sesión del Comité del Patrimonio Cultural, realizada en Australia en el año 2000

**UNITED NATIONS EDUCATIONAL,  
SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION**

**CONVENTION CONCERNING THE PROTECTION OF THE  
WORLD CULTURAL AND NATURAL HERITAGE**

**WORLD HERITAGE COMMITTEE**

**Twenty-fourth session**

**Cairns, Australia**

**27 November - 2 December 2000**

**REPORT**

Property

**Ciudad Universitaria de Caracas**

Id. N°

**986**

State Party

**Venezuela**

Criteria

**C (i) (iv)**

The Committee decided to inscribe the site on the World Heritage List on the basis of *criteria (i) and (iv)*:

*Criterion i* :The Ciudad Universitaria de Caracas is a masterpiece of modern city planning, architecture and art, created by the Venezuelan architect Carlos Raúl Villanueva and a group of distinguished avant-garde artists.

*Criterion iv* : The Ciudad Universitaria de Caracas is an outstanding example of the coherent realization of the urban, architectural, and artistic ideals of the early 20th century. It constitutes an ingenious interpretation of the concepts and spaces of colonial traditions and an example of an open and ventilated solution, appropriate for its tropical environment.

#### II.1.4.5. Compromisos

Cuando un Estado forma parte de la Convención, se compromete a asegurar la preservación de los bienes que Él mismo ha seleccionado y que han sido inscritos en la Lista del Patrimonio Mundial. De no cumplir las obligaciones establecidas por la Convención, el Estado Parte corre el riesgo de que sus bienes sean retirados de la Lista del Patrimonio Mundial.

Esta condición es indicada en el documento Pautas Operacionales para la Implementación de la Convención del Patrimonio Mundial (2005), aparte IV Proceso para el monitoreo del Estado de Conservación de las Propiedades del Patrimonio Mundial:

<sup>3</sup> Cuando hay evidencia de que la propiedad está deteriorada al punto donde tiene perdidas irreversibles de las características que determinaron su inscripción en la Lista, el Comité puede decidir eliminar la propiedad de la Lista. Antes de que se tome cualquier acción, la Secretaría informará al Estado parte en cuestión

---

<sup>3</sup> Original en inglés:

When there is evidence that the property has deteriorated to the point where it has irretrievably lost those characteristics which determined its inscription on the List, the when there is evidence that the property has deteriorated to the point where it has irretrievably lost those characteristics which determined its inscription on the List, the Committee may decide to delete the property from the List. Before any such action is taken, the Secretariat will inform the State Party concerned.

## II.2 Datos de la Edificación

### II.2.1. Reseña histórica.

El edificio de Ingeniería Sanitaria se encuentra ubicado en el sector Sur de la Ciudad Universitaria de Caracas, paralelo al edificio de Ingeniería Hidráulica, tal como se muestra en el siguiente plano:

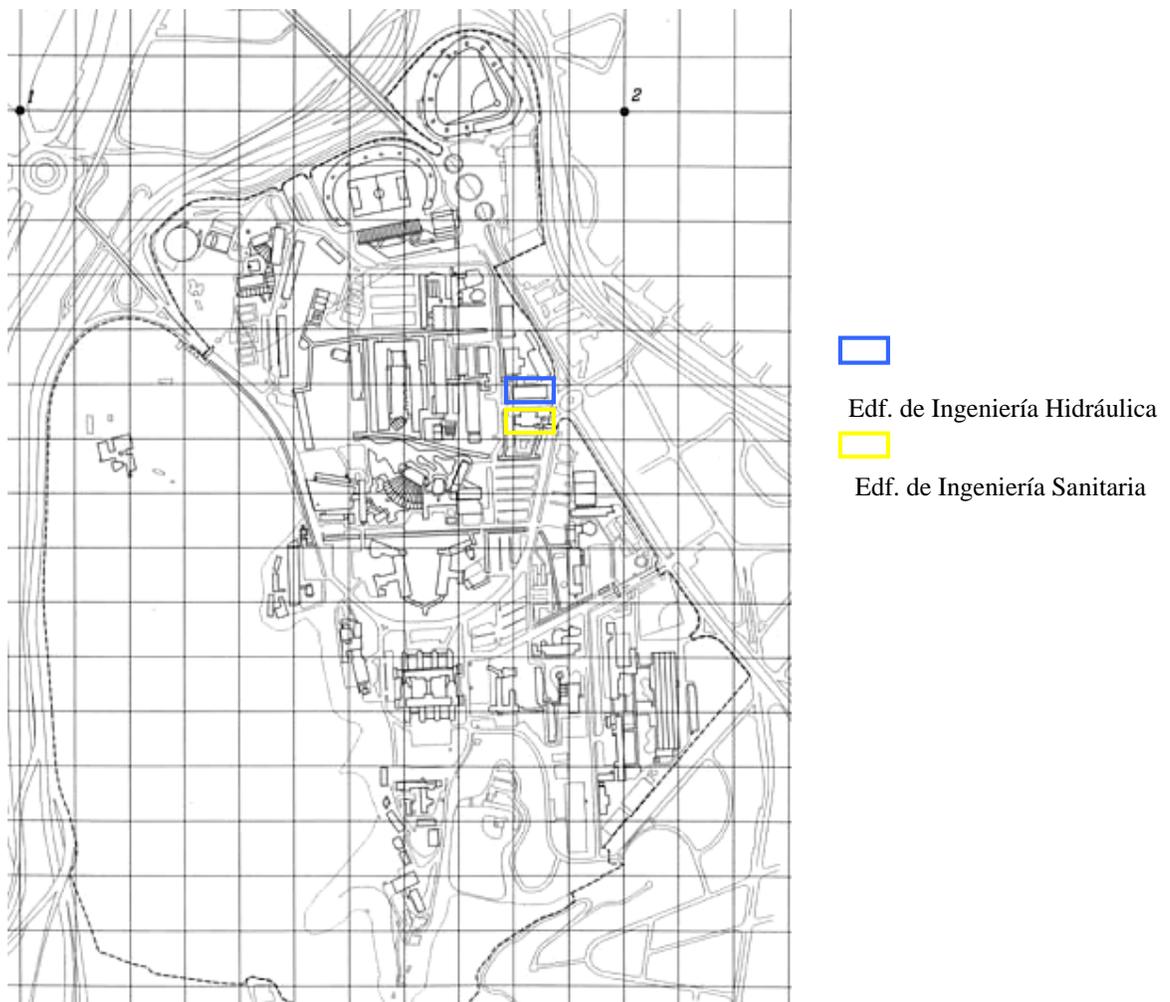


FIGURA 1. Plano de Ubicación del Edificio de Ingeniería Sanitaria

El proyecto de esta edificación se encuentra registrado en las memorias del Ministerio de Obras Públicas (MOP) con el nombre de “Laboratorio de Ingeniería Sanitaria” y se inició en el año 1967, bajo el diseño de los Arquitectos Carlos Raúl Villanueva y Gorka Dorronsoro. El cálculo estructural estuvo a cargo del Ingeniero J. D. Lira, y los planos fueron realizados por un grupo de dibujantes conformado por R. Nuñez, M. Ramos, Jesús Díaz, N. Palencia y A. Mijares.

Luego de realizada la etapa de infraestructura, es decir, los pilotes de la estructura, se efectuaron algunos cambios en el proyecto de la edificación, entre los cuales se encuentra el rediseño y recálculo de la rampa de acceso, debido a un cambio en la cota del nivel base respecto al cálculo original.

El edificio fue diseñado para uso educacional y el funcionamiento temporal de un grupo asesor de la UNESCO; manteniéndose esto en su apertura. Actualmente el uso es exclusivamente educacional.

### **II.2.2 Descripción general de la edificación**

La edificación es una estructura de concreto armado fundada sobre pilotes. Cuenta con 3 (tres) niveles (Planta Baja, 1 y 2) más el techo, cuyas plantas se encuentran formadas por losas nervadas armadas en una dirección. Está organizada alrededor de un patio central, en el cual se encuentran columnas de forma elíptica de triple altura, la fachada Oeste esta formada únicamente por una pared de quiebrasoles de concreto dispuestos en distintos ángulos; en el resto de la periferia se distinguen 3 (tres) módulos principales aporticados cuyos vanos presentan luces semejantes entre sí, y un módulo correspondiente al área de sanitarios, constituyéndose de esta manera una planta en forma de “C”, tal como se indica en la Figura 2. En el techo del patio central se puede observar una pérgola rectangular.

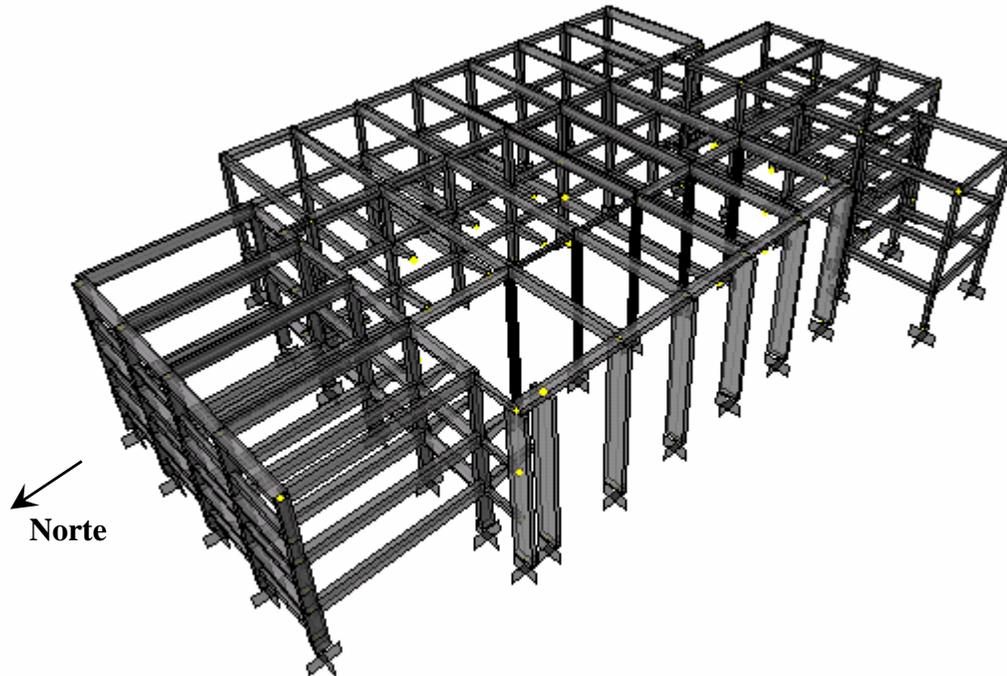


Figura 2. Vista de la Edificación (No se muestran quiebrasoles)

El primer nivel tiene acceso por la fachada Oeste a través de una rampa, la cual es independiente del resto de la edificación, ya que se encuentra separada por una junta de dilatación, al igual que ocurre con la escalera interna; de manera que ninguno de estos elementos afecta el comportamiento de la edificación bajo cargas verticales u horizontales (sismo).

En la edificación se pueden encontrar tres tipos de acabados principales: las vigas, columnas y el muro-baranda de las plantas superiores en obra limpia, las paredes pueden encontrarse frisadas, con acabado de pintura de caucho o aceite, o recubiertas de mosaicos vitrificados. Actualmente también se puede observar en los laboratorios y oficinas distintas clases de tabiquería liviana, no incluida en el diseño original.

La edificación cuenta con distintos ambientes, tales como aulas, laboratorios, oficinas, sanitarios, hall, jardín y una biblioteca; esta última posee estanterías sobre

rieles (“archimóviles”), la cual representa una carga variable muy importante sobre la estructura, que no estaba contemplada originalmente.

### **II.2.3 Datos geológicos – geotécnicos**

El Valle de Caracas se encuentra cubierto por un manto de suelo formado por material proveniente de las montañas cercanas y en menor grado de la sedimentación aluvional del Río Guaire y sus afluentes. Estos depósitos aluvionales se encuentran conformados por material de granulometría diversa; desde gravas con peñones de gran magnitud, hasta diversas mezclas de arena, limo y arcilla (Singer, 1977).

El suelo en la zona Centro – Norte de la ciudad, en la cual se encuentra la edificación en estudio, está constituido en los primeros estratos por material fino, como arenas; esto se puede observar en un perfil realizado por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) en el año 1978 en esta zona de Caracas, en el cual se evidencia la presencia de sedimentos aluviales en el primer estrato y los valores aproximados de las velocidades de ondas sísmicas a diferentes profundidades (Figura 3).

Símbolos	Descripción de los materiales	Veloc.Onda Sism. m/seg.		Módulo de Corte "G" Dynas/cm <sup>2</sup>
		Vp	Vs	
0	Depósito sedimentario aluvial, formado por arenas muy arcillosas, finas a medias y viceversa; plasticidad media, cohesiva a friables. Marrón en tonos amarillentos y grisáceo claro.	< 400		
10	N = 20		< 430	< 3.72x10 <sup>9</sup>
	Aluvión formado por peñones y fragmentos de gneiss con matriz areno limosa. Marrón amarillento.			
20	N > 100	500		
	Arcilla arenosa sedimentaria tiesa. Gris y marrón.			
	N = 45			
30	Depósito coluvial formado por peñones y fragmentos de gneiss blando, desintegrable en matriz areno-arcillosa; zonas sin peñones. Muy denso.			
	N > 100			
	Hasta aquí profundidad explorada con toma de muestras.	1500		3.72x10 <sup>9</sup>
40	?			
	Suelos densos.			
120	?			
	Roca meteorizada dura	4000	480	4.6x10 <sup>9</sup>

Figura 3. Perfil del suelo en la zona Centro-Norte de Caracas (FUNVISIS, 1978)

Por otra parte, dentro de los trabajos realizados en el Laboratorio de Geofísica de Campo de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la UCV en el año 2004, se encuentra un “Estudio de Vulnerabilidad de la Ciudad Universitaria de Caracas (Geofísica somera)” respaldado por COPRED, el cual presenta entre sus objetivos “obtener la distribución de velocidades sísmicas en el subsuelo somero” a través de Métodos Eléctricos y Sísmicos de prospección.

Para este fin se realizaron distintas líneas de levantamiento de datos dentro de la CUC, una de ellas (N° 10) en la zona donde se ubica la edificación de la cual es objeto la presente investigación; los datos de esta línea se pueden observar en el Anexo 1. Como resultado del procesamiento de los valores obtenidos en este levantamiento, en dicho estudio se presenta un mapa de espesores de la zona evaluada y mapas de Velocidades de Onda directa (primer estrato) y Onda Cónica (segundo estrato).

En las siguientes figuras se pueden observar estos mapas, indicándose en ellos la ubicación del perfil N° 10.

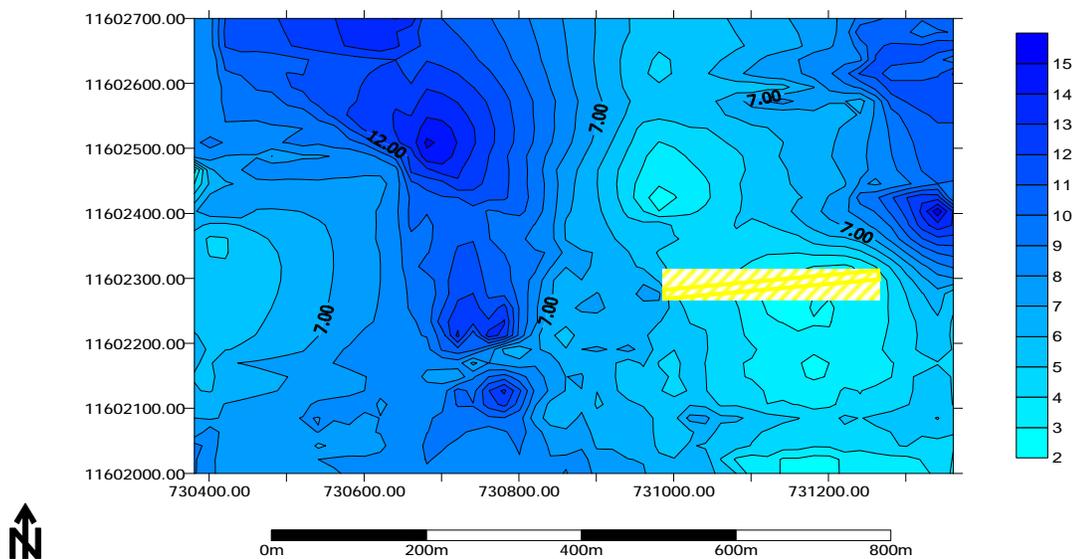


Figura 4. “Mapa de espesores del área de estudio en la Ciudad Universitaria empleando el método ABC.” (Estudio de Vulnerabilidad de la Ciudad Universitaria de Caracas ‘Geofísica somera’, 2004)

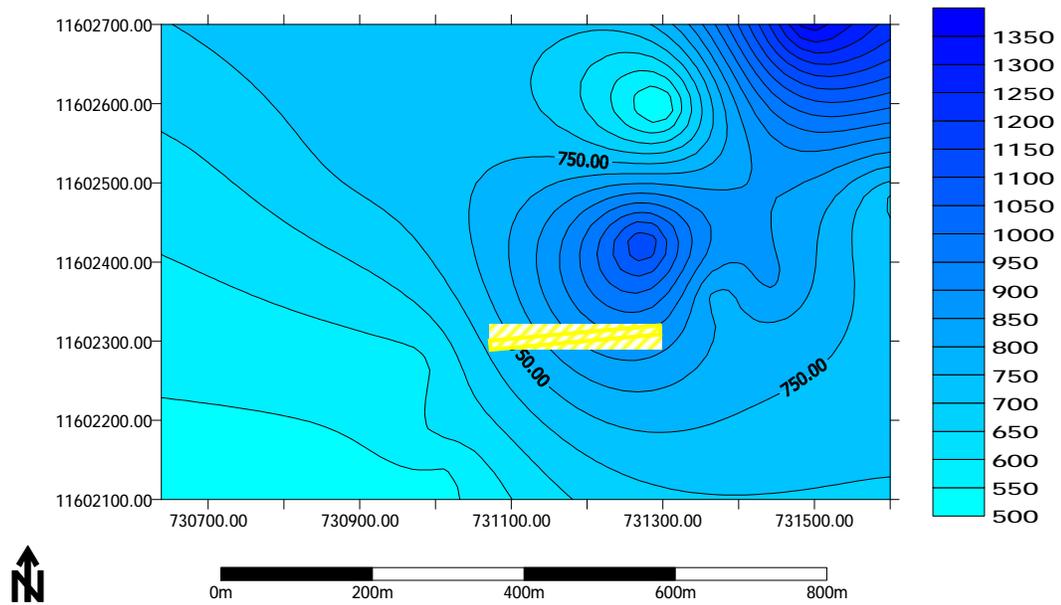


Figura 5. “Mapa de Velocidades de onda directa” (Estudio de Vulnerabilidad de la Ciudad Universitaria de Caracas ‘Geofísica somera’, 2004)

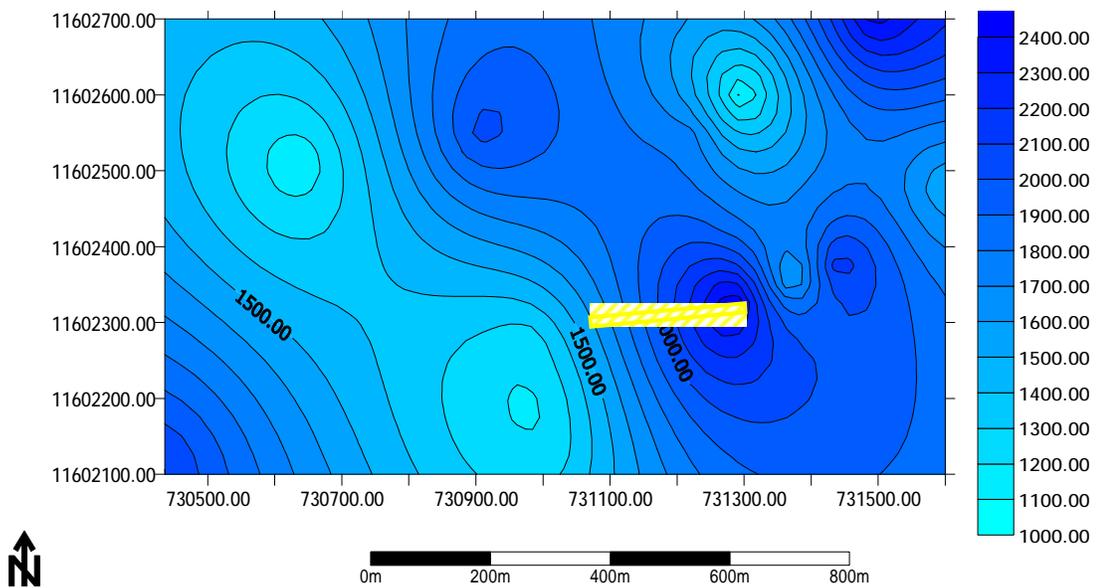


Figura 6. “Mapa de Velocidades de onda cónica” (Estudio de Vulnerabilidad de la Ciudad Universitaria de Caracas ‘Geofísica somera’, 2004)

A través de ésta información se pueden obtener ciertos datos geotécnicos necesarios para la evaluación sísmica en esta investigación, como son:

Espesor del primer estrato  $H = 5$  m (valor aproximado)

Velocidad de onda directa  $V_p = 690,5$  m/s

Y utilizando la relación entre las velocidades de onda  $V_p = \sqrt{3}V_s$  (Campos, 2004) se tiene que el valor de la Velocidad de Onda “S” es  $V_s = 398,7$  m/s

### II.3 Normativa

Para el año en que se inició el proyecto del Edificio de Ingeniería Sanitaria, en Venezuela se utilizaban las “Normas para el Cálculo de Edificios 1955” del Ministerio de Obras Públicas (MOP), única norma referente al cálculo de estructuras de concreto armado vigente en nuestro país. En 1967, a raíz del sismo ocurrido en Caracas este mismo año, surge la “Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas”, la cual pasa a sustituir el Artículo 7, *Acción de los Movimientos Sísmicos*, de la Parte II de la norma de 1955 antes mencionada.

En este nuevo documento se presentan cambios importantes para el cálculo y diseño de edificaciones, así como un nuevo mapa de zonas sísmicas. Entre estos se encuentran dos cambios que resulta conveniente destacar: en principio en la Prescripción General, Artículo 4 (p10), se indica que “las estructuras se analizarán y calcularán para dos direcciones ortogonales o aproximadamente tales”, y luego, en el Artículo 5 (p11) se indica que las estructuras clasificadas como Tipo I y II “deberán poseer en la dirección que se considera, dos o más líneas resistentes constituidas por muros, pórticos, etc., y en los cuales los elementos horizontales que constituyen los entresijos y cubiertas, serán lo suficientemente rígidos como para distribuir eficazmente las fuerzas sísmicas entre los elementos verticales”.

Estas exigencias obligarían a un proyectista a colocar vigas en las dos direcciones principales de análisis para una estructura aporricada, cumpliendo además, que estos elementos tuvieran la rigidez suficiente para acatar lo indicado en el Artículo 5.

Se resalta este requerimiento ya que en la edificación en estudio solo se observan vigas principales en una dirección y, debido a la ausencia de planos estructurales se desconoce la existencia o no de vigas planas en una dirección perpendicular.

Para el año en que se realizó el cambio en la normativa solo se había ejecutado la construcción de las fundaciones de la edificación en estudio. No se tiene constancia

de que se halla efectuado alguna modificación en el proyecto del Edificio de Ingeniería Sanitaria referente al cálculo estructural a raíz de las nuevas exigencias.

Desde ese momento hasta la actualidad la normativa Venezolana fue modificada en distintas ocasiones, según los avances en tecnología e investigaciones.

Para el estudio y recálculo del Edificio de Ingeniería Sanitaria se utilizarán las normas Venezolanas vigentes, referentes a estructuras de concreto armado, mencionadas a continuación:

- COVENIN 1753 – 1987. “Estructuras de concreto armado para edificaciones. Análisis y diseño”
- COVENIN 2002 – 1988 “Criterios y acciones mínimas para el Proyecto de edificaciones”
- COVENIN 1756 –2001 “Edificaciones sismorresistentes”

---

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos planteados se realizaron diferentes etapas de trabajo, constituidas por las siguientes actividades:

### Fase 1: Recopilación y registro de información

- 1.1. Se recopiló la información planimétrica de la edificación en los entes correspondientes, tales como el Consejo de preservación y Desarrollo (COPRED), Ministerio de Infraestructuras (MINFRA) y Biblioteca Nacional; encontrándose solo parte de los planos del proyecto.
- 1.2. Se verificó la información encontrada en los planos, comparándola con la construcción existente.
- 1.3. Se realizaron mediciones en sitio para determinar las dimensiones de aquellos elementos estructurales, tales como vigas y columnas, de los cuales no se poseía información.
- 1.4. Se compiló la información extraída de los planos con la información obtenida con las mediciones en sitio, definiendo las características geométricas de la estructura.
- 1.5. Se obtuvieron datos de la disposición del acero longitudinal y transversal de ciertos elementos estructurales, a través de un levantamiento en sitio con el uso del sistema “Ferrosan”.
- 1.6. Se recopiló toda la información concerniente a la edificación, incluyendo fechas de proyecto y construcción, especialistas involucrados en el proyecto, reseña histórica y datos técnicos de interés.

- 1.7. Se realizó una inspección visual con el fin de valorar el nivel de daños y deterioro de la edificación, a través de planillas de registro diseñadas para este fin.

#### Fase 2: Recálculo de la estructura

- 2.1. Se realizó un análisis de las características de la edificación siguiendo las indicaciones de la Norma Covenin 1756 – 2001 para definir el método de análisis a ser empleado en el estudio de la estructura.
- 2.2. Se elaboraron los modelos necesarios, basados en las características topológicas de la edificación con la información recopilada, para ser estudiados con el uso de dos programas de cálculo estructural.
- 2.3. Se evaluó el tipo de carga a la cual se encuentra sometida la estructura, determinando los valores de la misma en base a las indicaciones de las Normas Covenin 2002 - 88 “Criteros y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones”, y Covenin 1756 - 2001 “Edificaciones sismorresistentes”

#### Fase 3: Comparación de resultados obtenidos con los distintos modelos.

- 3.1 Se obtuvieron valores correspondientes a áreas de acero requeridas en elementos estructurales, desplazamientos máximos y valores de parámetros correspondientes al análisis dinámico para cada uno de los modelos, a manera de realizar comparaciones entre ellos y validar las respuestas obtenidas.

---

## CAPÍTULO IV. INFORMACIÓN PLANIMÉTRICA. LEVANTAMIENTO

### IV.1 Información planimétrica

Con los planos recopilados se pudo obtener información de las dimensiones de columnas, luces de vanos, altura de entrepiso, características de las losas, y dimensiones de algunos elementos arquitectónicos como mampostería y quiebrasoles. Para obtener las dimensiones del resto de los elementos, se realizaron mediciones en sitio. El resultado de agrupar la información recopilada en los planos con el levantamiento realizado se muestra en las siguientes Tablas y Figuras. (Ver Anexo 2 – Esquemas de pórticos)

#### IV.1.1 Losas

Características de losas:

Tipo.....Nervada, armada en una dirección

Separación eje a eje de nervios.....50 cm

Ancho de nervio.....10 cm

Altura de losa.....30 cm

En las siguientes figuras se puede observar la disposición de las losas en las plantas de los niveles 1 y 2. y del techo.

#### IV.1.2 Vigas

En la estructura se encuentran vigas de forma rectangular y con cartelas en los voladizos, con las dimensiones mostradas a continuación.

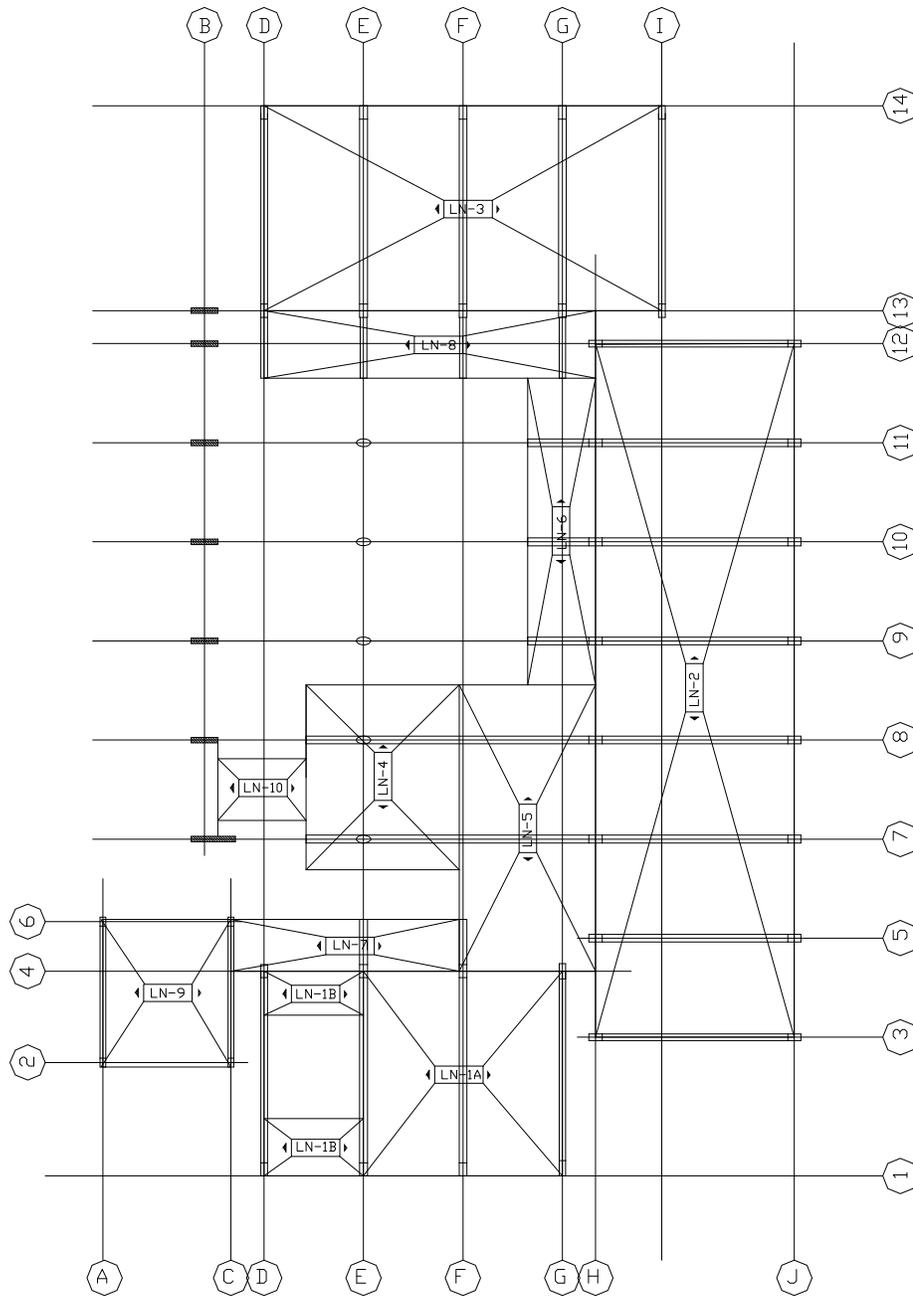


Figura 7. Disposición de losas Nivel 1

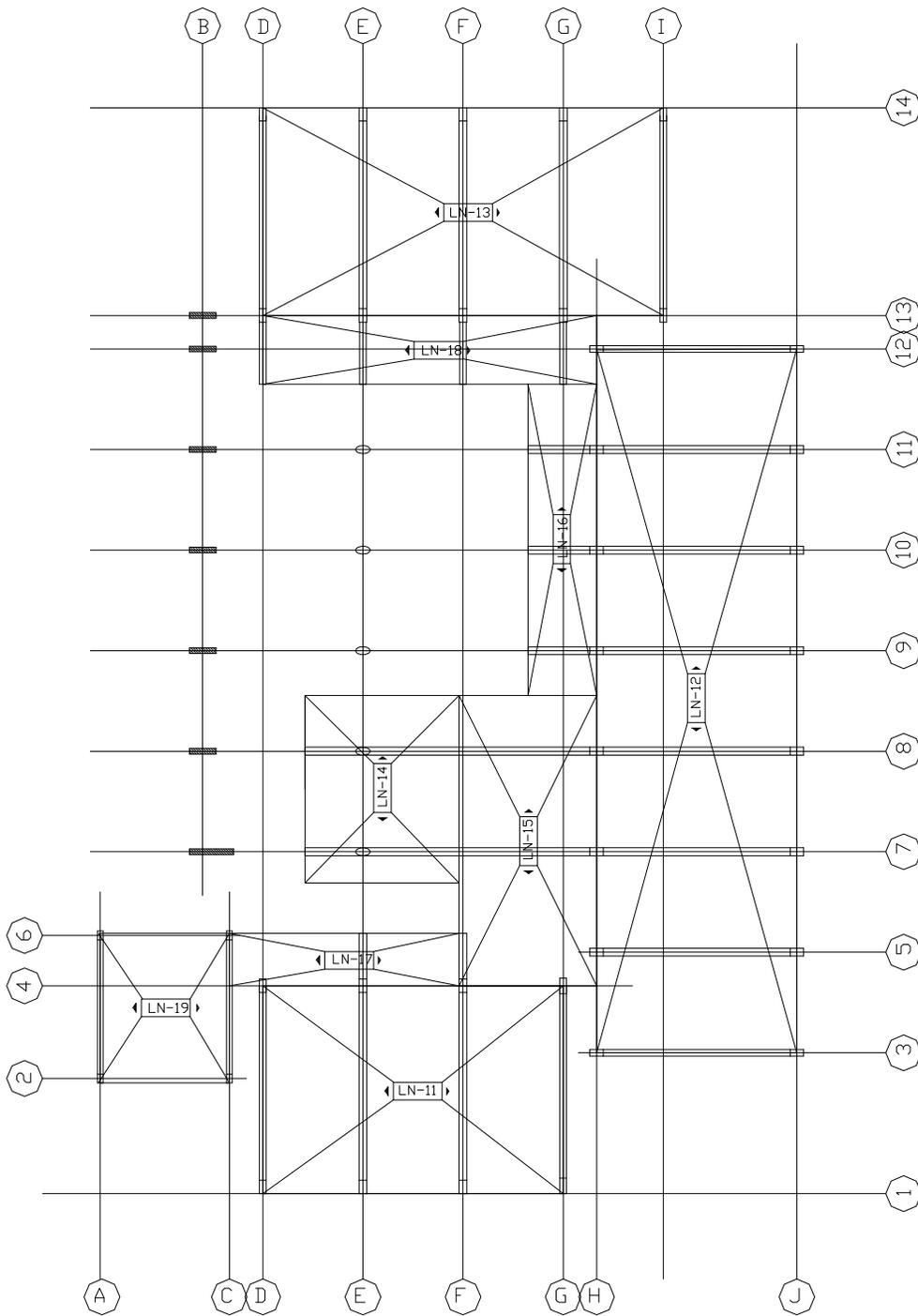


Figura 8. Disposición de losas Nivel 2

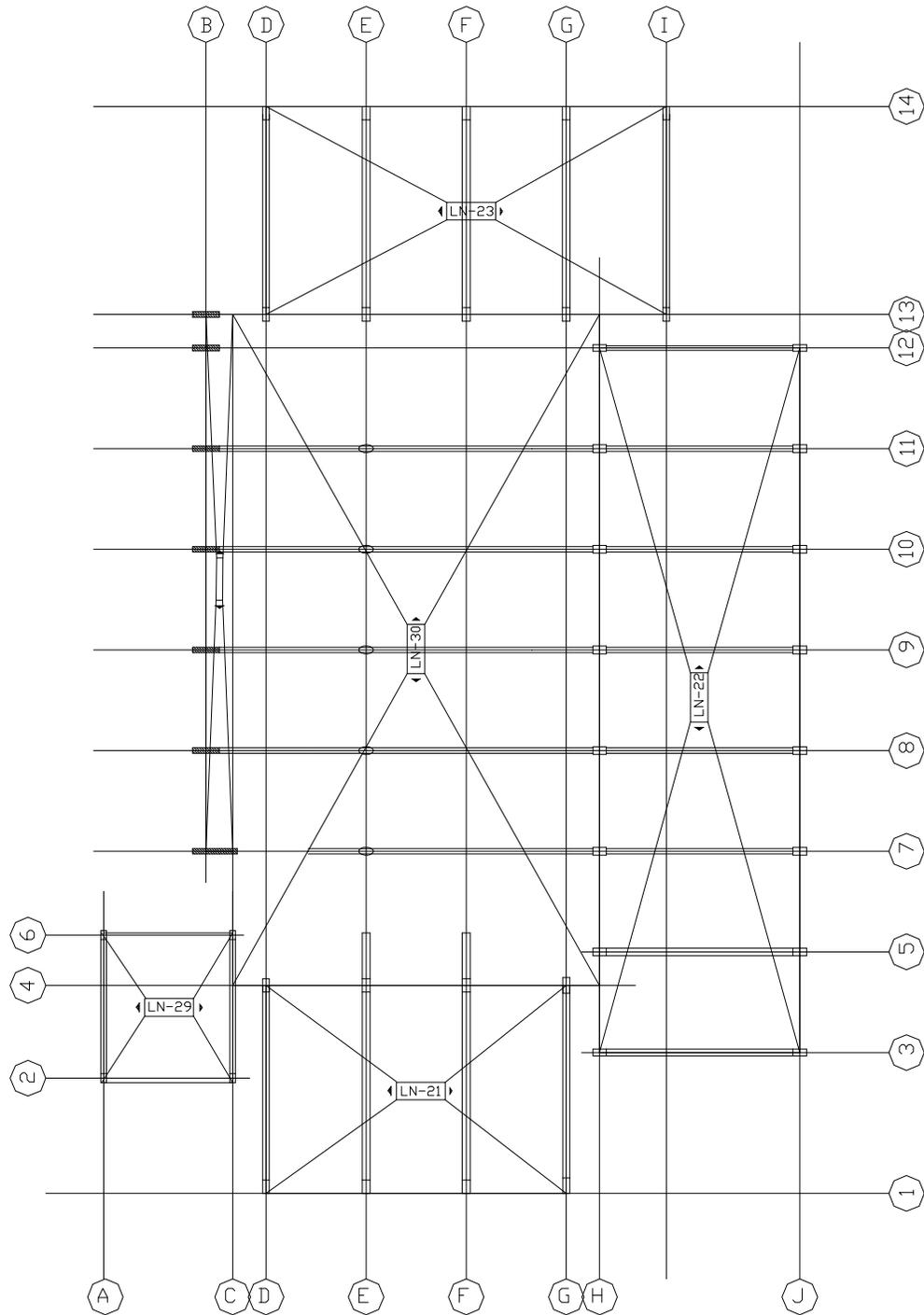
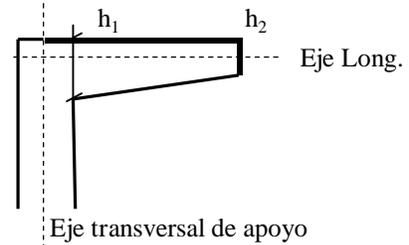


Figura 9. Disposición de losas Techo

Eje long.	Eje transv.	Luz entre ejes (m)	NIVEL						Observaciones
			1		2		Techo		
			b (cm)	h (cm)	b (cm)	h (cm)	b (cm)	h (cm)	
A	2 - 6	6,40	25	80	25	80	25	60	
C	2 - 6	6,40	25	80	25	80	25	60	
D	1 - 4	9,00	30	70	30	70	25	80	
D	13 - 14	9,00	30	70	30	70	25	80	
E	1 - 4	9,00	35	80	35	80	25	80	
E	13 - 14	9,00	35	80	35	80	25	80	
F	1 - 4	9,00	35	80	35	80	25	80	
F	13 - 14	9,00	35	80	35	80	25	80	
G	1 - 4	9,00	30	70	30	70	25	80	
G	13 - 14	9,00	35	80	35	80	25	80	
I	13 - 14	9,00	30	70	30	70	25	80	
H	3-5-7-8-9-10-11-12	4,50	60	30	60	30	60	30	VIGA PLANA
J	3-5-7-8-9-10-11-12	4,50	60	30	60	30	60	30	VIGA PLANA
1	D-E-F-G	4,50	60	30	60	30	60	30	VIGA PLANA
2	A - C	5,80	60	30	60	30	60	30	VIGA PLANA
4	D-E-F-G	4,50	60	30	60	30	60	30	VIGA PLANA
6	A - C	5,80	60	30	60	30	60	30	VIGA PLANA
3	H - J	9,00	30	70	30	70	25	80	
5	H - J	9,00	35	80	35	80	25	80	
7	B - E	7,20					25	80	Solo en el techo
7	E - H	10,50	35	80	35	80	25	80	
7	H - J	9,00	35	80	35	80	25	80	
8	B - E	7,20					25	80	Solo en el techo
8	E - H	10,50	35	80	35	80	25	80	
8	H - J	9,00	35	80	35	80	25	80	
9	B - E	7,20					25	80	Solo en el techo
9	E - H	10,50					25	80	Solo en el techo
9	H - J	9,00	35	80	35	80	25	80	
10	B - E	7,20					25	80	Solo en el techo
10	E - H	10,50					25	80	Solo en el techo
10	H - J	9,00	35	80	35	80	25	80	
11	B - E	7,20					25	80	Solo en el techo
11	E - H	10,50					25	80	Solo en el techo
11	H - J	9,00	35	80	35	80	25	80	
12	H - J	9,00	30	70	30	70	25	80	
13	D-E-F-G-I	4,50	60	30	60	30	60	30	VIGA PLANA
14	D-E-F-G-I	4,50	60	30	60	30	60	30	VIGA PLANA

VOLADOS						
Eje long.	Eje trans. de apoyo	b (cm)	h <sub>1</sub> (cm)	h <sub>2</sub> (cm)	Luz (m)	
					Nivel 1	Nivel 2
D	13	30	70	30	3,075	2,250
E	4	35	80	30	2,350	2,350
E	13	35	80	30	3,075	2,250
F	4	35	80	30	2,350	2,350
F	13	35	80	30	3,075	2,250
G	13	35	80	30	3,075	2,250
7	E	35	80	30	2,600	-
8	E	35	80	30	2,600	-
9	H	35	80	30	3,075	2,250
10	H	35	80	30	3,075	2,250
11	H	35	80	30	3,075	2,250

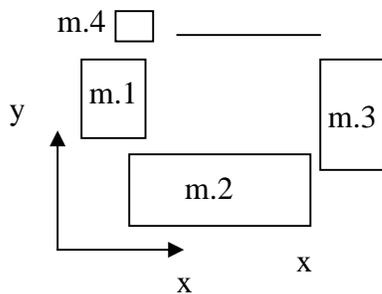


b: ancho de la viga  
Luz: medida desde el eje transversal de apoyo hasta el final del volado

TABLA 1. Dimensiones de vigas

IV.1.3 Columnas

En la edificación se encuentran columnas de forma elíptica y rectangular, con las dimensiones mostradas a continuación.



Observación: A efectos de la presentación de la geometría de la edificación se asignará nombre a los módulos, tal como se muestra en el esquema.

			NIVEL					
			Planta Baja		1		2	
Altura de entrepiso (m)			3,06		3,06		3,11	
	Columna	Tipo	bx (cm)	by (cm)	bx (cm)	by (cm)	bx (cm)	by (cm)
Módulo 4	A-1	Rectangular	40	25	40	25	40	25
	A-6	Rectangular	40	25	40	25	40	25
	C-1	Rectangular	40	25	40	25	40	25
	C-6	Rectangular	40	25	40	25	40	25
M1	D-1	Rectangular	70	30	60	30	50	30
M1	D-4	Rectangular	70	30	60	30	50	30

	Columna	Tipo	bx (cm)	by (cm)	bx (cm)	by (cm)	bx (cm)	by (cm)
M3	D-13	Rectangular	70	30	60	30	50	30
M3	D-14	Rectangular	70	30	60	30	50	30
M1	E-1	Rectangular	70	35	60	35	50	35
M1	E-4	Rectangular	70	35	60	35	50	35
	E-7	Elíptica	35	65	35	65	35	65
	E-8	Elíptica	35	65	35	65	35	65
	E-9	Elíptica	35	65	35	65	35	65
	E-10	Elíptica	35	65	35	65	35	65
	E-11	Elíptica	35	65	35	65	35	65
	E-13	Rectangular	70	35	60	35	50	35
	E-14	Rectangular	70	35	60	35	50	35
M1	F-1	Rectangular	70	35	60	35	50	35
M1	F-4	Rectangular	70	35	60	35	50	35
M3	F-13	Rectangular	70	35	60	35	50	35
M3	F-14	Rectangular	70	35	60	35	50	35
M1	G-1	Rectangular	70	30	60	30	50	30
M1	G-4	Rectangular	70	30	60	30	50	30
M3	G-13	Rectangular	70	35	60	35	50	35
M3	G-14	Rectangular	70	35	60	35	50	35
Módulo 2	H-3	Rectangular	30	70	30	60	30	50
	H-5	Rectangular	35	70	35	60	35	50
	H-7	Rectangular	35	70	35	60	35	50
	H-8	Rectangular	35	70	35	60	35	50
	H-9	Rectangular	35	70	35	60	35	50
	H-10	Rectangular	35	70	35	60	35	50
	H-11	Rectangular	35	70	35	60	35	50
	H-12	Rectangular	30	70	30	60	30	50
m3	I-13	Rectangular	70	30	60	30	50	30
m3	I-14	Rectangular	70	30	60	30	50	30
Módulo 2	J-3	Rectangular	30	70	30	60	30	50
	J-5	Rectangular	35	70	35	60	35	50
	J-7	Rectangular	35	70	35	60	35	50
	J-8	Rectangular	35	70	35	60	35	50
	J-9	Rectangular	35	70	35	60	35	50
	J-10	Rectangular	35	70	35	60	35	50
	J-11	Rectangular	35	70	35	60	35	50
	J-12	Rectangular	30	70	30	60	30	50

TABLA 2. Dimensiones de columnas

## IV.2 Detección de acero de refuerzo

Para la determinación de la disposición y cantidad del acero de refuerzo se realizó una exploración de ciertos elementos estructurales representativos de la edificación con el uso del sistema Ferroskan FS10. Este sondeo se realizó con la asistencia del Instituto de Materiales y Modelos estructurales (IMME), quienes proporcionaron el personal y equipo necesario para la investigación.

### IV.2.1 Características del equipo Ferroskan FS10

El sistema Ferroskan FS10 es un instrumento que permite detectar la presencia de acero de refuerzo en elementos de concreto armado, a través de una sonda de evaluación (scanner RS10) conectado a un módulo de evaluación (monitor RV10).



Figura 10. Sistema de Ferroskan FS10

El sistema se puede emplear en dos modalidades; para realizar una detección rápida, o para explorar una imagen. El primer modo permite detectar la presencia de acero en la dirección perpendicular a la cual se realiza la exploración, indicando la profundidad a la cual se encuentra el mismo.

La exploración de una imagen permite realizar una “radiografía” en una zona de 600 x 600 mm, empleando como guía para la colocación de la sonda un papel cuadriculado suministrado junto con el equipo. La zona cuadriculada debe ser explorada en dos direcciones perpendiculares entre sí para poder percibir una imagen.

Al utilizar esta modalidad, en el monitor se refleja una cuadrícula con las mismas características que las del papel de referencia, de manera tal, que el sistema va indicando en la pantalla la posición inicial del scanner. Se obtienen resultados más óptimos cuando el eje del papel cuadriculado queda paralelo al refuerzo.



Figura 11  
Operador realizando radiografía



Figura 12  
Operador realizando detección rápida

Una vez realizada la exploración de toda el área, se refleja la imagen detectada en el monitor, donde se puede observar la disposición del refuerzo, y por medio de distintas funciones del equipo es posible determinar el diámetro y la profundidad del mismo. La unidad del diámetro depende de la calibración del equipo, el cual puede expresarlo según los números estándar de la norma americana ACI o en milímetros.

El diámetro solo se visualiza, cuando se cumple la condición de que la distancia entre las barras de refuerzo corresponde, como mínimo, al doble del recubrimiento, siendo esto posible hasta una cobertura máxima de 60 mm. El margen de medición del equipo se puede observar en la tabla N° 3.

	Diámetros (pulgadas) según la norma ACI 318-106									Resolución/ precisión
	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10	# 11	
	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	1	1,13	1,27	1,41	
Máx. prof (mm) para el proceso de la imagen	141	150	160	160	160	160	165	173	180	$d/T \geq 1$
Máx. prof (mm) para la determin. de la cobertura	97	103	110	110	110	110	121	135	149	10%
Máx.prof. (mm) para la determi. del diámetro	60	60	60	60	60	60	60	60	60	$d/T \geq 2$ 1

Donde: d= distancia entre barras de refuerzo, T= cobertura (profundidad)

TABLA 3. Margen de medición (Tomada del Manual de Instrucciones del Ferrosan FS10. Hilti)

#### IV.2.2 Información obtenida con el sistema Ferrosan FS10

Se realizó la detección rápida en 6 elementos estructurales, correspondientes a 4 columnas en el nivel Planta Baja y 2 vigas del Nivel 1, indicadas en el siguiente esquema. Igualmente se empleó este método para verificar la existencia de vigas planas en dirección perpendicular a las principales.

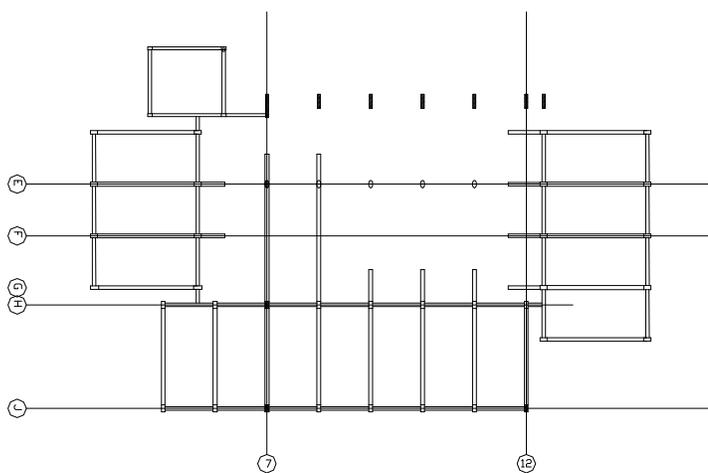


Figura 13. Planta Nivel 1

Elementos analizados:

Vigas 7 (E-H) y 7 (H-J)

Columnas 7E, 7H, 7J, 12J

A través de este análisis se pudo detectar la separación tanto del acero de refuerzo transversal como longitudinal.

Se realizaron 8 radiografías, las cuales permitieron determinar el diámetro del acero transversal y confirmar la información obtenida a través de la detección rápida referente a la separación del refuerzo.

De manera general se puede señalar que en las vigas estudiadas los estribos presentan un diámetro de 3/8" y se encuentran separados una distancia de 10 cm desde la cara de la columna hasta una longitud aproximada de dos veces la altura de la viga, y en el resto de la luz se hallan dispuestos cada 15 cm. Por otra parte, no se pudo establecer un patrón para la disposición de las ligaduras, ya que no se observó una disposición común del acero de refuerzo en las cuatro columnas estudiadas. Para el refuerzo de acero transversal de las vigas se presenta un recubrimiento aproximado de 2 cm desde la cara de la barra hasta la superficie del elemento, y para las columnas de 3 cm. Las distancias determinadas en el levantamiento y las radiografías realizadas se encuentran detalladas en el Anexo 3.

No fue posible la determinación del diámetro del acero longitudinal, debido a un problema de calibración del sistema Ferrosan FS10, pero igualmente este fue ubicado en los elementos analizados a través del método de detección rápida y la realización de radiografías.

### IV.3 Estado actual de la estructura

La determinación del estado actual de la edificación se realizó mediante una inspección visual, evaluando distintos tipos de daños en elementos estructurales y arquitectónicos a través de una planilla elaborada para este fin. La estructura de la planilla de levantamiento se basó en el formato de investigaciones anteriores, y se empleó una escala de daños desarrollada en base a una inspección previa realizada en la edificación a manera de definir el tipo de deterioro existente.

#### IV.3.1 Clasificación y tipos de daños

Los daños considerados en la evaluación se definen a continuación según sus características más representativas; es importante destacar que el objetivo de esta inspección, y de la investigación en general, no es realizar un diagnóstico sobre la patología de la estructura, sino describir de manera general los posibles deterioros presentes en la edificación.



**Poros.** Orificios presentes en la superficie de los elementos, generalmente de forma circular. Se presentan en diferentes diámetros, en ocasiones agrupados en áreas pequeñas o dispersos a lo largo de todo el miembro. No se evidencia en ellos óxido del acero de refuerzo, o alguna otra característica que manifieste la presencia de algún daño estructural. Aunque para determinar la causa de su aparición sería necesario realizar un estudio más exhaustivo, se presume que se formaron durante la construcción de la edificación, debido a fallas en el proceso de vibrado al vaciar el concreto.



**Escamado.** Definido en la “Terminología del cemento y el hormigón” por el Comité ACI 116 como “pérdida de escamas o laminillas de la

porción próxima a la superficie del hormigón o mortero endurecido”. Este tipo de deterioro es incluido en las planillas de levantamiento dentro de las observaciones, ya que no se realizó una escala para el mismo debido a que en los miembros donde se presenta se observa como un “escamado leve”, es decir, “no expone el agregado grueso del hormigón” (ACI 116)



**Crecimiento vegetal.** Presencia de plantas en los elementos, generalmente encontradas en los bordes o superficies superiores, debido al depósito de humedad y semillas colocadas por aves.



**Humedad.** Se identifica la presencia de humedad en un miembro por un cambio de color sobre la superficie del mismo. Se presentan distintos tipos de humedad según su causa: por filtración, penetración de agua del exterior hacia el interior del miembro, arrastrando sales del interior del concreto que pasan a formar manchas blancas en la superficie (eflorescencia); por condensación, causada por la retención de vapor de agua presente en el ambiente, se manifiesta en forma de mancha; por capilaridad, aparece por la ascensión de agua del terreno, se puede observar en las bases de columnas; accidental, producto de instalaciones realizadas por el hombre, tales como goteo de aires acondicionados. En las planillas no se hace distinción del tipo de humedad observado, sino que se indica únicamente la presencia de la misma.



**Desprendimiento de mosaicos de cerámica vitrificada.** Caída de mosaicos que forman parte del recubrimiento de algunos elementos de tabiquería.



**Corrosión del acero de refuerzo.** Se observan manchas de oxidación del acero de refuerzo en la superficie del miembro. En ocasiones se puede contemplar la barra de refuerzo expuesta en la superficie.

### IV.3.2 Escala de daños

Se elaboró una escala de daños con niveles comprendidos desde el “0” (cero) hasta el “4” (cuatro), partiendo desde el deterioro mínimo hasta el máximo, respectivamente. La característica de cada uno de los niveles se describe para cada tipo de daño en la Tabla 4.

	Nivel	0	1	2	3	4
<b>Tipo de daño</b>	No se observa el daño					
<b>Poros</b>		Casi imperceptible. Muy escasos, con $d < 1$ mm. Se presentan en menos del 25% del miembro	Se observan agrupados o esparcidos, con $d < 4$ mm. Se presentan en menos del 50% del miembro	Abundantes en todas las caras, con $d < 6$ mm. Se presentan en menos del 75% del miembro	Presentes en todas las caras. En grupos o esparcidos a lo largo de todo el miembro, con $d < 8$ mm. Se presentan en más del 75% del miembro	
<b>Crecimiento vegetal</b>		Se observan menos de 2 plantas de tamaño menor a 5 cm	Se observan entre 2 y 5 plantas, de tamaño entre 3 y 10 cm	Se observan más de 5 plantas, de tamaño entre 3 y 10 cm	Se observan plantas de tamaño mayor a 10 cm	
<b>Humedad</b>		Se observa presencia de humedad en menos del 25% de la superficie.	Se observa presencia de humedad en menos del 50% de la superficie.	Se observa presencia de humedad en más del 50 % de la superficie	Se observan desgastes o daños causados por la humedad en zonas localizadas	
<b>Desprendimiento de mosaicos</b>		Se observa caída de pocos mosaicos, aislados, individuales.	Se observan áreas con mosaicos desprendidos en distintas zonas de la pared, que alcanzan hasta un del 25% de la superficie	Se observan áreas con mosaicos desprendidos que alcanzan hasta un 50% de la superficie	Se observan áreas con mosaicos desprendidos que sobrepasan el 50% de la superficie.	

<b>Corrosión del acero de refuerzo</b>	Se observan manchas de óxido de forma localizada. No se presenta la barra expuesta	Se observan menos de 3 barras corroídas expuestas en el elemento.	Se observan más de 3 barras corroídas expuestas en el elemento.	Se observa acero corroído expuesto en más de la mitad del elemento.
--	--	---	---	---

Tabla 4. Escala de daños

Las dimensiones mencionadas, tales como diámetros de poros y tamaños de plantas, son cifras aproximadas para establecer diferencia entre los niveles de la escala, y proporcionar al lector una idea de los daños observados.

### IV.3.3 Planilla de levantamiento de daños

Se realizaron dos formatos de planillas de levantamiento de daños: para la evaluación de elementos estructurales y para otros elementos como quiebrasoles y tabiquería. En cada una de ellas se señala la ubicación del miembro, el tipo de acabado del mismo y daños observados identificando el nivel en que se presentan. La diferencia entre las planillas radica principalmente en el tipo de deterioro presente en los elementos.

A continuación se presenta un modelo de cada una de las planillas. En el Anexo 4 se puede observar un resumen de los datos más importantes obtenidos con las mismas. De manera general, se puede indicar que los deterioros observados en la edificación se ubican en un nivel “leve - medio” tomando como referencia la escala de daños antes descrita, ya que en la evaluación realizada las vigas presentan generalmente deterioros entre los niveles 1 y 3 y las columnas entre 0 y 2; predominando la presencia de humedad por condensación en los elementos que se encuentran en el interior de la estructura; por otra parte se observó la presencia de poros en más de la mitad de los elementos y escamas principalmente en los que se encuentran expuestos a la intemperie.

Respecto a la corrosión del acero de refuerzo, se observó aproximadamente en el 30 % de las vigas, evidenciándose en dirección del acero de refuerzo transversal. A diferencia de las columnas en donde no se hizo evidente este daño.

Resulta importante destacar el daño observado en las columnas correspondientes al módulo donde se encuentran los sanitarios, específicamente la ubicada en el nivel de Planta Baja en el eje 2A, ya que en ella se presentan una serie de grietas y desprendimientos del concreto no encontrados en el resto de las columnas, que exponen el acero de refuerzo transversal (Ver fotos Anexo 5).

PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS						
Estructura en estudio: Edificio de Ingeniería Sanitaria						
Planilla N° /						
Tipo de miembro estructural:				Losa	Viga	Columna
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal Tipo de Acabado		Daño		Observaciones
				Tipo	Nivel	
				Humedad		
				Poros		
				C.V.		
				Corrosión		
				Humedad		
				Poros		
				C.V.		
				Corrosión		
				Humedad		
				Poros		
				C.V.		
				Corrosión		

PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS							
Estructura en estudio: Edificio de Ingeniería Sanitaria							
Planilla N° /							
Tipo de elemento:				Quebrasol	Pared	Otro	
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Fachada	Tipo de acabado	Daño		Observaciones
					Tipo	Nivel	

## CAPÍTULO V. RECÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

### V.1 Protocolo de recálculo

El recálculo de la edificación consistió en el análisis de la estructura en base a las normas venezolanas vigentes COVENIN:

- COVENIN 1753 – 1987. “Estructuras de concreto armado para edificaciones. Análisis y diseño”
- COVENIN 2002 – 1988 “Criterios y acciones mínimas para el Proyecto de edificaciones”
- COVENIN 1756 –2001 “Edificaciones sismorresistentes”

Para este fin se determinó el acero de refuerzo requerido en los elementos estructurales, tomando la topología y geometría existente, mediante un modelo analizado con el uso de dos programas de cálculo estructural. Igualmente se estudiaron parámetros del análisis dinámico, como son el período de la estructura y los desplazamientos.

La calidad de los materiales usada para el recálculo, basado en la información encontrada en un plano de estructuras, fue la siguiente:

Concreto  $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

Acero de refuerzo  $f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$

#### V.1.1 Método de análisis - Modelo

El método de análisis de la estructura fue escogido en base a las indicaciones del Capítulo 9 de la Norma Covenin 1756 – 01. En este se indica en la Tabla 9.1, que para estructuras regulares que no exceden 10 pisos ni 30 metros (característica del

edificio en estudio), se debe realizar, como requerimiento mínimo un “Análisis Estático”, el cual considera los efectos traslacionales y torsionales aplicando los métodos Estático Equivalente y de la Torsión Estática Equivalente, respectivamente.

Debido a la forma que presentan las plantas de los niveles 1 y 2, se realizó la evaluación para la determinación de posibles “irregularidades en planta” descritas en el Artículo 6.5.2 de la misma Norma.

De este análisis se obtuvo que la planta presentaba las características de “Diafragma Flexible”, en función al ítem “iii” (b.4) del artículo antes mencionado.

Para las estructuras con este tipo de irregularidad, la norma Covenin 1756 – 01 indica en la Tabla 9.2 que se debe realizar un “Análisis Dinámico Espacial con Diafragma Flexible” descrito en el artículo 9.7 de la misma. Pero, debido a las características de las losas (nervada de 30 cm de espesor) y la distribución de las mismas en cada planta, se presume que estas pueden presentar un comportamiento equivalente a 3 diafragmas rígidos en cada nivel, dispuestos como se muestra en la Figura 12.

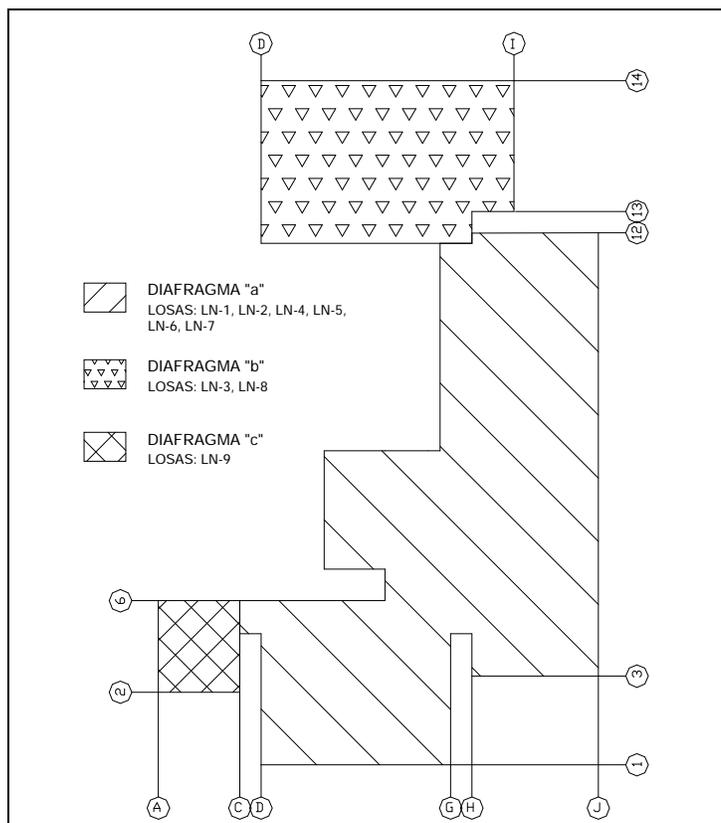


Figura 12.

Disposición de diafragmas

Para validar esta hipótesis se realizó un modelo de la edificación (en el programa SAP2000), cuyas plantas contaban con tres diafragmas en cada uno de los dos primeros niveles (según lo descrito anteriormente) y un diafragma en el nivel del techo, como es el caso.

En este modelo se analizó el comportamiento de la estructura para los tres primeros modos de vibración bajo la acción del sismo en dos direcciones ortogonales, prestando especial atención a los desplazamientos de los nodos “a1,a2, a3, a4, b1, b2, b3, b4, c1, c2, c3, c4, d1, d2, d3 y d4” del primer nivel (ver figura 15) y la participación de las masas en cada uno de éstos.

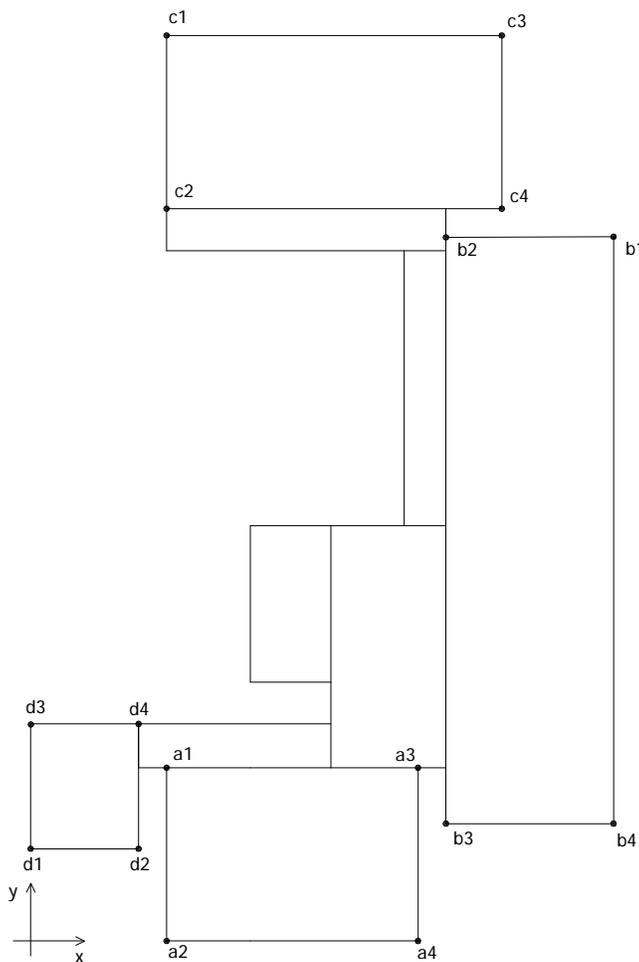
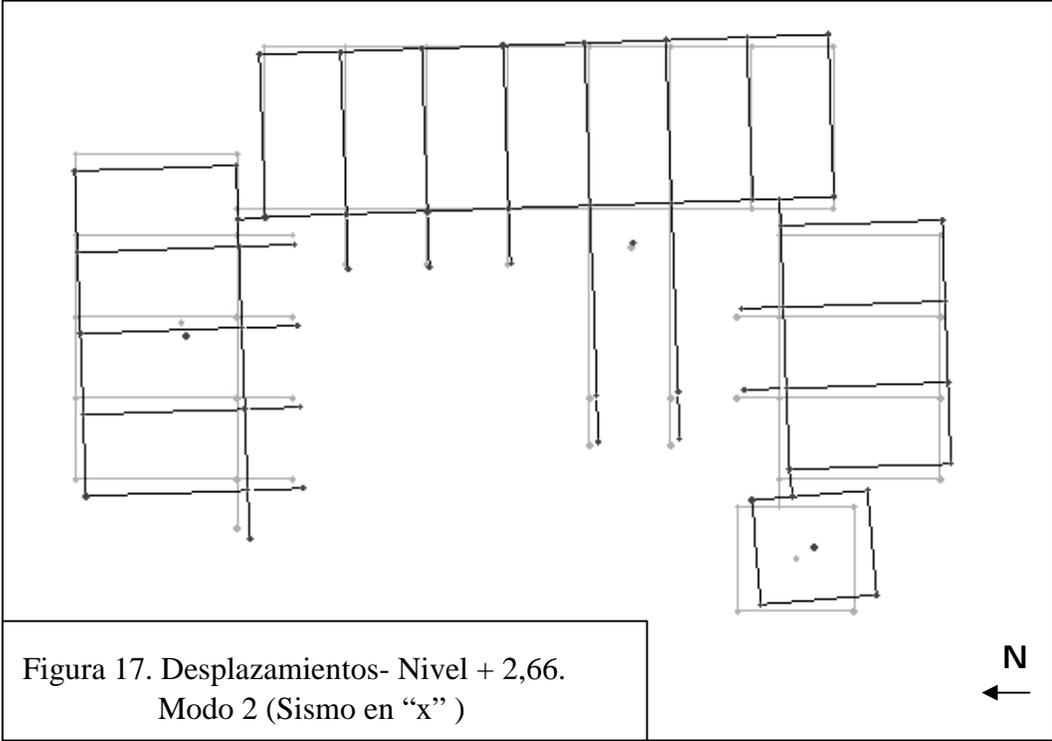
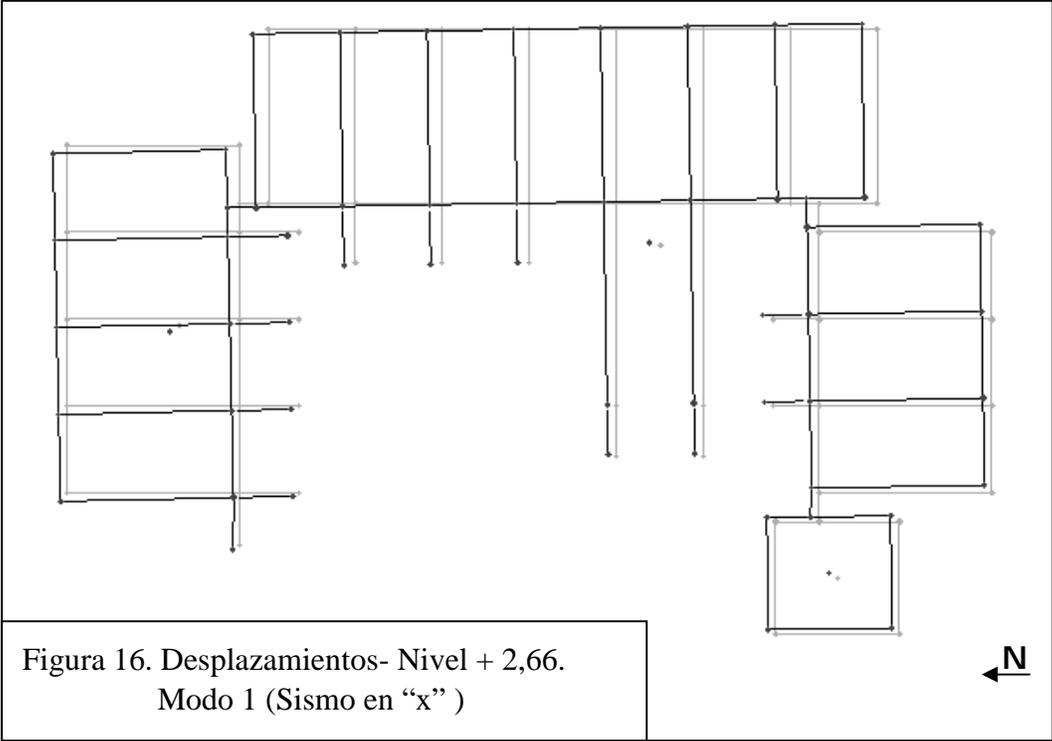


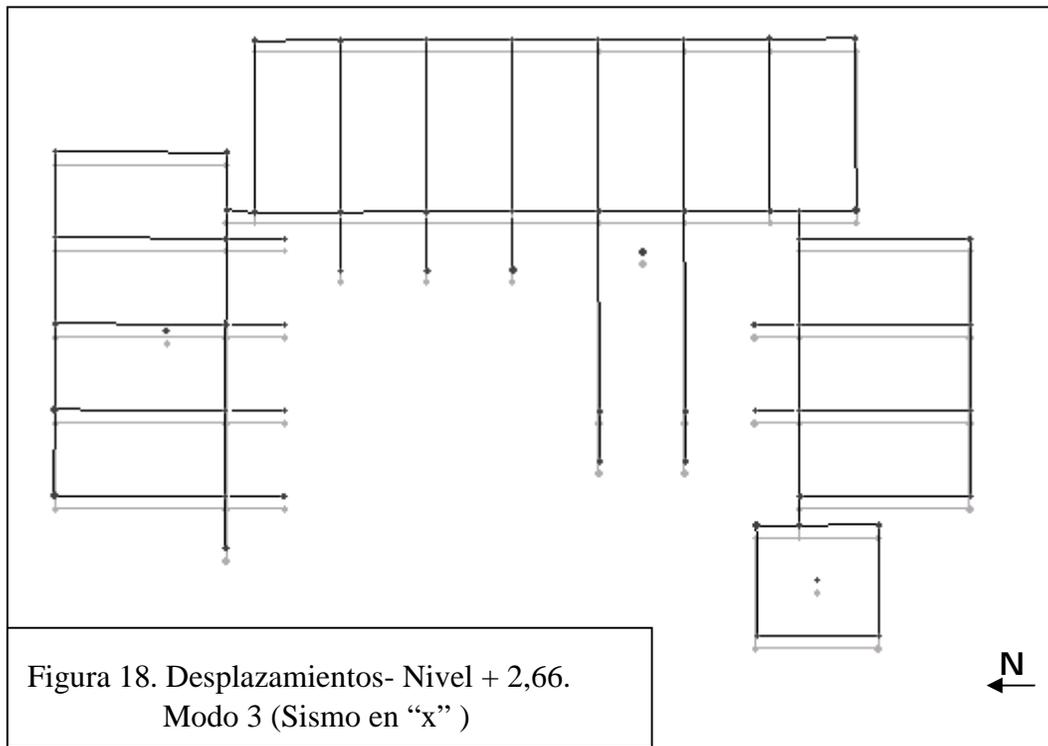
Figura 15. Identificación de nodos estudiados

En este estudio se obtuvieron los desplazamientos mostrados en la Tabla 5. El efecto del sismo en dirección “x” se puede observar en las Figuras 16, 17 y 18; y de forma análoga, como se aprecia en los valores de la tabla, el sismo en dirección “y” produce un efecto semejante sobre la edificación en cada uno de los modos evaluados.

	Modo	Junta	x	y	Junta	x	y
			mm	mm		mm	mm
Sismo x	1	a11	-0,21	0,32	c11	0,36	0,26
	2	a11	-0,45	-0,48	c11	0,77	-0,48
	3	a11	-0,54	-0,05	c11	-0,61	0,05
Sismo y	1	a11	0,21	-0,32	c11	-0,36	-0,26
	2	a11	-0,45	-0,48	c11	0,77	-0,48
	3	a11	-0,54	-0,05	c11	-0,61	0,05
Sismo x	1	a12	-0,34	0,32	c12	0,20	0,26
	2	a12	-0,72	-0,48	c12	0,50	-0,48
	3	a12	-0,57	-0,05	c12	-0,57	0,05
Sismo y	1	a12	0,34	-0,32	c12	-0,20	-0,26
	2	a12	-0,72	-0,48	c12	0,50	-0,48
	3	a12	-0,57	-0,05	c12	-0,57	0,05
Sismo x	1	a13	-0,21	0,52	c15	0,36	0,58
	2	a13	-0,45	-0,08	c15	0,77	0,06
	3	a13	-0,54	-0,01	c15	-0,61	-0,02
Sismo y	1	a13	0,21	-0,52	c15	-0,36	-0,58
	2	a13	-0,45	-0,08	c15	0,77	0,06
	3	a13	-0,54	-0,01	c15	-0,61	-0,02
Sismo x	1	a14	-0,34	0,52	c16	0,20	0,58
	2	a14	-0,72	-0,08	c16	0,50	0,06
	3	a14	-0,57	-0,01	c16	-0,57	-0,02
Sismo y	1	a14	0,34	-0,52	c16	-0,20	-0,58
	2	a14	-0,72	-0,08	c16	0,50	0,06
	3	a14	-0,57	-0,01	c16	-0,57	-0,02

Tabla 5. Desplazamiento para los tres primeros modos de vibración





En base a este comportamiento, equivalente al esperado con un diafragma rígido en cada planta, se decidió realizar el estudio de la estructura tomando la planta con estas características, y realizando un análisis dinámico espacial con el programa SAP2000 y un análisis dinámico plano con el programa CBDS.

#### V.1.1.1 Modelos analizados

En base a lo anteriormente descrito se realizó el estudio de la edificación tomando los siguientes casos:

- i) Análisis dinámico plano con el uso del programa de cálculo estructural CBDS.

El modelo fue realizado con la geometría existente de la estructura, tomando en consideración los volados mediante la representación de las solicitaciones que producen los mismos (fuerza vertical y momento) en los nodos de las columnas; igualmente las vigas intermedias encontradas en las fachadas Norte y Sur, no

fueron colocadas como elementos estructurales, se consideró su efecto transmitiendo la sollicitación que producen las mismas a las columnas.

- ii) Análisis dinámico espacial con el uso del programa de cálculo estructural SAP2000, considerando 1 diafragma rígido en cada planta.

Este modelo fue realizado considerando la geometría existente, tomando todos los elementos estructurales de la edificación (incluyendo volados y vigas intermedias).

- iii) Análisis dinámico espacial con el uso del programa de cálculo estructural SAP2000, considerando 3 diafragma rígido en cada planta.

Este modelo cuenta con las mismas características que el modelo descrito en (ii), diferenciándose en la configuración de las plantas, ya que este cuenta con 3 diafragmas rígidos en los dos primeros niveles, como se muestra en la Figura 14

#### V.1.1.2 Consideración de “parasoles” de la fachada Oeste dentro del modelo estructural.

Los parasoles, a pesar de ser fundamentalmente elementos arquitectónicos, no concebidos en principio como parte del sistema resistente de la estructura, tienen una influencia importante dentro del comportamiento de la edificación, ya que estos están conformados por “placas” de concreto vaciadas en sitio, que aunque de poco espesor (10 y 8,5 cm) atendiendo a la luz de 4,5 mts entre columnas y a la disposición de los quiebrasoles a 45° en varios niveles respecto al eje del pórtico, suministran al conjunto una rigidez a ser considerada, constituyendo además una masa representativa respecto a la masa del conjunto ( $\approx 8\%$ ) (Ver figura 19).



Figura 19. Fachada Oeste  
– Parasoles de concreto

Para examinar la influencia de estos elementos en el comportamiento del conjunto, se realizó un modelo de la estructura en donde los quiebrasoles y las placas que soportan los mismos fueron simulados a través de “placas delgadas” (shell) discretizando cada uno de ellos en elementos de 15x15 cm para poder considerar la posición exacta de los parasoles.

Luego del análisis se encontró que bajo la acción del sismo de diseño se presentan esfuerzos en las placas que soportan los parasoles, superiores a los esfuerzos de rotura en el concreto. Algunos de estos valores se muestran en el Anexo 6.

En base a este análisis, los quiebrasoles y las placas que los soportan no fueron considerados en los modelos descritos en V.1.1, ya que se estima que bajo la acción del sismo de diseño (Factor de reducción de respuesta = 2) estos no contribuirían con el sistema sismorresistente en la etapa inelástica del comportamiento de la estructura

### **V.1.2 Cargas consideradas**

Las cargas sobre la estructura se determinaron en base a las indicaciones de la Norma Covenin 2002 – 88, considerando las siguientes acciones:

Cargas permanentes (CP)

Involucra la carga correspondiente al peso propio de la losa, de los elementos estructurales, tabiquería y otros componentes como muros-baranda, asientos de concreto permanentes en la edificación, parasoles de concreto (fachadas Norte y Sur) y metálicos (fachada Este); calculando los valores de los mismos en base a las tablas 4.1 y 4.3 de dicha Norma.

Cargas variables (CV)

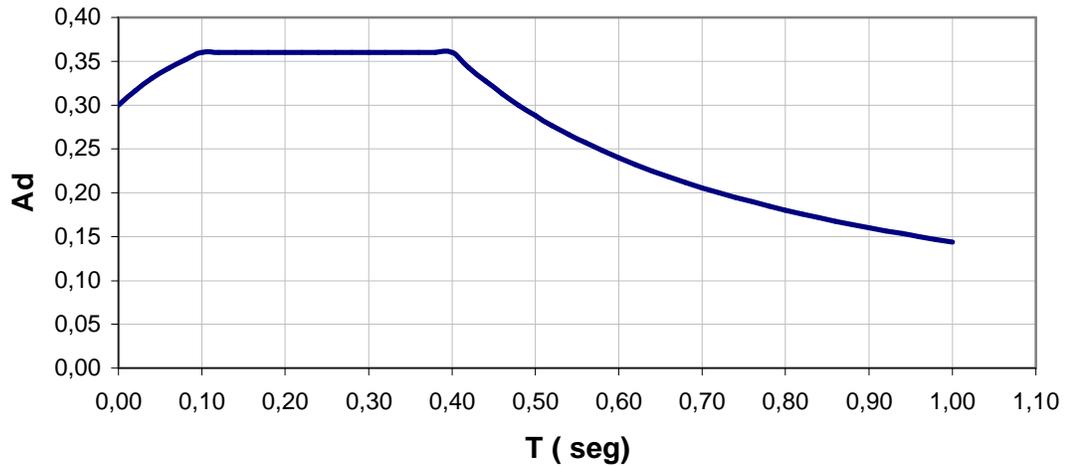
Determinada para cada ambiente según la Tabla 5.1 de la Norma “Criterios y Acciones Mínimas”, observándose además cargas particulares como son estantes móviles de la biblioteca en el segundo nivel.

Acciones accidentales (S)

La acción del sismo fue considerada en base a las indicaciones de la Norma Covenin 1756 – 01. El espectro de diseño (Figura 20) corresponde al indicado en el Capítulo 7 de esta norma, considerando los siguientes valores:

Zona Sísmica (Tabla 4.2)	5	Coeficiente de aceleración horizontal (Tabla 4.1)		$A_0 = 0.30$
Grupo (Art. 6.1)	B2	Factor de Importancia (Tabla 6.1)		$\alpha = 1,0$
Tipo de estructura (Art. 6.2)	I	Nivel de diseño (Capítulo 12)		$ND = 1$
Forma espectral (*) (Tabla 5.1)	S1	$T^+ = 0,4 \text{ seg}$	$B = 2,4$	$P = 1,0$
Factor de reducción de respuesta (Tabla 6.4)			$R=2$	$T^* = 0,1$

(\*) Ver II.2.3



**Figura 20. Espectro de diseño**

### V.1.3 Combinaciones de carga

Las acciones consideradas se combinaron en función de lo establecido en el Capítulo 9 de la Norma Covenin 1753 - 87. Tomándose de esta forma las siguientes combinaciones:

- $1,4 \text{ CP} + 1,7 \text{ CV}$
- $0,75 (1,4 \text{ CP} + 1,7 \text{ CV}) + \text{S}$
- $0,9 \text{ CP} + \text{S}$

En las combinaciones que involucran la acción del sismo (S) este fue combinado tomando en cuenta la acción simultánea de las componentes sísmicas horizontales, según se indica en el Capítulo 8 de la Norma Covenin para Edificaciones sismorresistentes, considerando “El valor absoluto de las solicitaciones debidas a sismo en una dirección mas 0,30 del valor absoluto de las solicitaciones debidas a sismo en la dirección ortogonal, y viceversa” (Artículo 8.6), y alternando los signos + y - para cada combinación.

## V.2. Resultados y Análisis

Luego de analizados los modelos planteados para la evaluación estructural de la edificación, se obtuvieron valores de las propiedades dinámicas de cada uno de estos, al igual que otras características como el peso de la edificación. A continuación se presentan dichos valores para cada uno de los modelos realizados con los distintos programas de cálculo.

### V.2.1 Peso de la estructura

*Valores obtenidos con CBDS*

Niv #	Piso	Alt. cm.	Peso Ton	PesoEst Ton	PesoTot Ton
3	T	366	558.53	277.41	835.94
2	N2	306	655.29	247.64	902.93
1	N1	266	683.35	243.83	927.18
	Tot	938	1,897.17	768.87	2,666.04

*Valores obtenidos con SAP2000*

	Pesos (Ton)			W (Ton)
	Propio	CP	CV	PP+CP+0,25CV
Nivel 3	223,25	487,13	90,35	732,97
Nivel 2	249,80	666,40	266,23	982,75
Nivel 1	254,95	675,19	282,16	1000,69
Celiptica	28,23	67,36	14,01	99,10
Cquebrasol	66,03	39,28	8,63	107,47
	<b>822,27</b>			<b>2922,97</b>

Se observa una diferencia de aproximadamente 10 % para el peso de la estructura entre los dos programas de cálculo, lo cual era de esperar debido a dos razones principales: en principio los modelos realizados para el SAP2000 contienen todos los elementos estructurales, incluyendo volados y vigas intermedias presentes en las

fachadas Norte y Sur, a diferencia del modelo realizado para el programa CBDS en donde no se incluyen estos miembros (tal como se indica en V.1.1.1); por otra parte, el peso calculado para la estructura incluye la carga permanente y un porcentaje de la carga variable (Capítulo 7, Norma Covenin 1756-01), por lo cual resulta importante destacar que la entrada de datos para los valores de carga difiere en ambos programas, ya que en el SAP2000 se define cada caso de carga por separado (CP y CV) introduciendo los valores de cada una de ellas, y para el modelo en el CBDS se introduce un único valor de carga (suma de CP y CV) junto con factor “Cm/CV” que indica la relación entre la carga permanente y la carga variable. Efectivamente las dos razones expuestas impiden obtener valores “exactamente” iguales en los dos programas de cálculo, pero a pesar de ello estos se encuentran bastante cercanos.

### V.2.2 Análisis modal

En las siguientes tablas se muestran los valores correspondientes al período de la estructura y la participación de las masas para los primeros 3 modos de vibración.

*Valores obtenidos con CBDS*

Análisis modal en dirección x

Modo #	Frec. rad/seg	Per (T) seg	FacPart	Beta %
1	15.048	0.418	1.430	75.3
2	50.055	0.126	0.684	17.2
3	111.495	0.056	0.451	7.5

Análisis modal en dirección y

Modo #	Frec. rad/seg	Per (T) seg	FacPart	Beta %
1	13.257	0.474	1.440	76.3
2	39.292	0.160	0.660	16.0
3	86.873	0.072	0.455	7.6

*Valores obtenidos con SAP2000*

	Modo	Período (seg)		$\beta_x$ (%)		$\beta_y$ (%)		(*) $\beta_z$ (%)	
		1Diaf.	3Diaf.	1Diaf.	3Diaf.	1Diaf.	3Diaf.	3Diaf.	3Diaf.
Sismo X	1	0,614	0,544	0,00	0,01	63,90	63,30	10,20	11,00
Sismo X	2	0,578	0,507	0,01	0,04	9,20	10,10	64,7	64,30
Sismo X	3	0,536	0,474	74,40	74,80	0,00	0,00	0,00	0,02
Sismo Y	1	0,614	0,544	0,00	0,01	63,90	63,30	10,20	11,00
Sismo Y	2	0,578	0,507	0,01	0,04	9,20	10,10	64,7	64,30
Sismo Y	3	0,536	0,474	74,40	74,80	0,00	0,00	0,00	0,02

(\*) Factor de participación de las masas en el movimiento de rotación alrededor del eje z

1Diaf.: Modelo con 1 diafragma rígido en cada planta

3Diaf.: Modelo con 3 diafragma rígido en los dos primeros niveles y 1 diafragma rígido en el último nivel

Al estudiar la participación de las masas en los modos de vibración analizados se observa que los modos 1 y 3 corresponden a los movimientos de traslación en dirección “y” y “x” respectivamente, observándose en el primero una leve rotación ( $\beta_z \approx 11\%$ ); por otra parte al observar la participación de las masas en el modo 3 se destaca la participación alrededor del eje “z”, correspondiendo principalmente al movimiento de rotación. Este análisis se confirma al estudiar los desplazamientos en planta para cada modo de vibración, mostrados en las Figuras 16, 17 y 18.

**V.2.3 Fuerzas cortantes***Valores obtenidos con CBDS*

Niv	Id	Alt	S.Alt	CORTE	
				X	Y
		cm	cm	ton	ton
3	T	366	938	412.34	391.03
2	N2	306	572	644.09	608.94
1	N1	266	266	747.80	714.04
	Fun	0	0	747.80	714.04

Valores obtenidos con SAP2000

1 Diafragma x planta		
Corte (Ton)		
Nivel	x	y
3	338,19	351,72
2	547,66	544,22
1	644,91	643,73

3 Diafragma x planta						
Corte (Ton)				Corte (Ton)		
x				Y		
Nivel	a	b	c	a	B	c
3	290,60			300,00		
2	400,00	78,30	8,70	272,60	190,00	30,00
1	473,30	84,00	9,60	320,50	224,40	33,00

Nota 1: ver Figura 15 para referencia de módulos “a, b y c”

Nota 2: no se incluyen corte en columnas elípticas de triple altura y en columnas de fachada de quiebrasoles.

De manera general se puede observar que los valores de fuerzas cortantes para el modelo realizado en el programa CBDS resultan ligeramente mayores ( $\approx 15\%$ ) que las obtenidas para los otros modelos, a pesar de que estos últimos presentan un mayor peso; esto es posible debido a que el valor de la fuerza cortante depende de distintas variables, entre ellas la aceleración de diseño, la cual para este caso resulta mayor en el modelo del CBDS debido a que el período de este es menor que el correspondiente al de los modelos del SAP2000 (ver 5.2.2), encontrándose ambos dentro de la rama descendente del espectro de diseño.

### V.2.4 Derivas

*Valores obtenidos con CBDS*

Nivel	Derivas (‰)				
	Dirección x		Dirección y		
	P1	P14	A	D	J
3	7,20	10,30	6,70	5,80	8,40
2	7,70	9,20	6,80	6,00	8,70
1	5,00	4,80	4,10	3,70	5,20

*Valores obtenidos con SAP2000*

Nivel	1 Diafragma x planta				
	Derivas (‰)				
	Dirección x		Dirección y		
Pórtico	P1	P14	A	D	J
3	6,49	7,06	5,61	5,62	6,59
2	8,18	8,22	6,70	5,88	7,35
1	5,31	5,22	4,18	3,42	4,43

Nivel	3 Diafragmas x planta				
	Derivas (‰)				
	Dirección x		Dirección y		
Pórtico	P1	P14	A	D	J
3	5,15	5,71	4,51	4,74	5,76
2	6,93	6,91	5,50	5,35	6,86
1	4,53	4,38	4,55	3,12	4,21

Las derivas que se presentan corresponden a los pórticos que se encuentran más alejados del centro de rigidez. Al estudiar los valores no se evidencian grandes diferencias entre los modelos ( $\approx 10\%$ ), encontrándose además que ninguno de estos sobrepasa o iguala los valores permitidos por la Norma Covenin 1756-01 (Tabla 10.1), que en este caso correspondería a una deriva máxima de  $18\text{‰}$ .

### V.2.5 Áreas de acero requeridas en elementos estructurales

En base al estudio realizado para escoger el modelo y el método de análisis, y a los resultados mostrados anteriormente, se presentarán a continuación las áreas de acero requeridas (para la acción de cargas verticales y para la acción sísmica) según la evaluación realizada con el programa SAP2000 para el modelo con 3 diafragmas rígidos en las dos primeras plantas y un diafragma rígido en el último nivel.

Viga	Caso de análisis	As longitudinal (cm <sup>2</sup> )						As corte (cm <sup>2</sup> /m)			% As extremo i ≈ extremo j	% As centro del tramo
		Superior			Inferior			I	m	j		
		i	m	j	i	m	j					
A261	C.vertical	8,26	2,03	7,38	4,09	9,75	3,65	3,14	0	3,14		
	Dinámico	20,97	6,59	20,5	12,54	10,96	12,74	7,27	3,14	7,14	1,05	0,33
A262	C.vertical	8,42	2,07	7,6	4,16	9,6	3,76	3,14	0	3,14		
	Dinámico	18,69	5,92	18,2	10,07	10,73	10,33	6,33	3,14	6,19	0,93	0,30
A263	C.vertical	5,28	1,3	4,96	2,61	7,03	2,46	3,14	0	3,14		
	Dinámico	11,1	3,55	10,79	7,03	7,03	7,03	3,14	3,14	3,14	0,56	0,18
D141	C.vertical	6,85	2,28	9,26	3,4	3,85	4,58	3,77	0	3,77		
	Dinámico	31,15	9,83	31,79	21,18	9,83	20,29	12,16	8	12,75	1,48	0,47
D142	C.vertical	11,45	3,4	11,45	6,85	11,12	6,13	3,77	0	3,77		
	Dinámico	34,28	10,53	33,28	18,02	11,45	18,29	14,16	7,86	14	1,63	0,50
D143	C.vertical	5,4	1,34	4,87	2,68	6,83	2,42	3,14	0	3,14		
	Dinámico	15,04	4,81	14,39	9,54	9,54	9,54	7,02	3,88	6,88	0,72	0,23
D13141	C.vertical	11,45	4,12	12,7	6,27	9,18	8,31	3,77	0	3,77		
	Dinámico	32,32	11,24	36,8	18,33	11,45	17,31	13,9	8,51	14,73	1,54	0,54
D13142	C.vertical	11,45	3,7	11,45	6,03	10,27	7,45	3,77	0	3,77		
	Dinámico	33	10,79	35,19	18,46	11,45	17,41	13,94	8,12	14,34	1,57	0,51
D13143	C.vertical	4,96	1,23	4,87	2,46	6,87	2,42	3,14	0	3,14		
	Dinámico	16,4	5,23	15,63	9,54	9,54	10,28	7,31	4,23	7,1	0,78	0,25



Viga	Caso de análisis	As longitudinal (cm <sup>2</sup> )						As corte (cm <sup>2</sup> /m)			% As extremo i ≈ extremo j	% As centro del tramo
		Superior			Inferior			I	m	j		
		i	m	j	i	m	j					
G13142	C. vertical	20,82	7,73	24,31	13,36	16,37	13,36	6,66	0	7,4		
	Dinámico	47,69	13,36	50,47	22,26	18,67	23,44	12,85	4,39	13,41	1,70	0,48
G13143	C. vertical	10,92	3,53	10,51	7,13	12,96	6,87	3,3	0	3,21		
	Dinámico	21,93	6,88	21,25	10,52	152,2	10,2	5,47	3,14	5,4	0,78	0,25
I13141	C. vertical	11,45	3,63	11,45	6,67	9,76	7,33	3,77	0	3,77		
	Dinámico	39,38	11,45	39,61	22,34	11,45	22,05	15,24	9,09	15,31	1,88	0,55
I13142	C. vertical	11,45	3,34	11,45	6,31	10,74	6,72	3,77	0	3,77		
	Dinámico	36,56	11,27	36,93	20,99	11,45	20,54	14,69	8,58	14,8	1,74	0,54
I13143	C. vertical	4,94	1,26	5,09	2,45	6,76	2,53	3,14	0	3,14		
	Dinámico	15,24	4,89	15,28	9,54	9,54	9,54	6,9	3,89	6,97	0,73	0,23
3HJ1	C. vertical	11,45	3,62	11,45	6,97	9,81	7,31	3,77	0	3,77		
	Dinámico	44,18	11,45	44,81	24,15	11,45	24	16,08	9,94	16,21	2,10	0,55
3HJ2	C. vertical	11,45	3,28	11,45	6,6	10,82	6,6	3,77	0	3,77		
	Dinámico	39,17	11,45	39,03	20,58	11,45	20,65	14,94	8,69	14,94	1,87	0,55
3HJ3	C. vertical	5,42	1,34	4,57	2,69	5,74	2,27	3,14	0	0		
	Dinámico	15,72	5,02	14,92	9,54	8,6	9,54	6,76	3,96	6,62	0,75	0,24
5HJ1	C. vertical	23,15	7,56	23,76	13,36	15,64	13,36	6,93	0	7,06		
	Dinámico	57,28	13,36	57,8	26,29	17,87	26,5	14,4	4,39	14,53	2,05	0,48
5HJ2	C. vertical	22,27	7,14	22,37	13,36	17,19	13,36	7,18	0	7,2		
	Dinámico	52,75	13,36	52,46	24,4	19,58	24,28	13,75	4,39	13,77	1,88	0,48
5HJ3	C. vertical	11,94	3,85	11,22	7,79	12,17	7,33	3,31	0	3,15		
	Dinámico	23,1	7,22	22,16	11,05	14,32	10,62	5,68	3,14	5,54	0,83	0,26
7EH1	C. vertical	39,33	12,11	28,81	18,61	20,17	13,85	11,87	0	6,94		
	Dinámico	58,32	13,36	49,35	26,71	23,04	22,96	16,05	4,39	12,36	2,08	0,48
7EH2	C. vertical	39,48	12,15	23,15	18,67	21,02	13,36	12,05	0	5,22		
	Dinámico	57,62	13,36	46,75	26,43	24,08	21,85	15,98	0,69	10,84	2,06	0,48
7EH3	C. vertical	25,81	8,14	26,29	12,27	15,22	12,49	7,85	0	7,93		
	Dinámico	29,86	9,16	29,92	14,07	17,18	14,1	9,83	3,14	9,84	1,07	0,33
7HJ1	C. vertical	16,91	8,59	27,18	11,03	13,36	13,36	4,39	0	5,49		
	Dinámico	45,17	13,36	52,66	21,17	13,36	24,37	10,37	4,39	12,01	1,61	0,48
7HJ2	C. vertical	14,53	8,59	27,18	9,51	13,36	13,36	4,39	0	4,96		
	Dinámico	40,89	13,36	48,94	19,3	13,36	22,79	8,89	4,39	10,89	1,46	0,48
7HJ3	C. vertical	9,54	6,13	19,4	4,99	9,1	9,54	3,14	0	3,14		
	Dinámico	18,31	8,53	27,67	9,54	9,54	13,1	3,9	3,14	5,78	0,65	0,30

Viga	Caso de análisis	As longitudinal (cm <sup>2</sup> )						As corte (cm <sup>2</sup> /m)			% As extremo i ≈ extremo j	% As centro del tramo
		Superior			Inferior			I	m	j		
		i	m	j	i	m	j					
8BE3	C. vertical	9,54	2,88	8,74	5,8	4,94	4,32	3,14	0	3,14		
	Dinámico	22,16	9,36	30,67	10,62	9,54	19,3	12,98	8,06	12,51	0,79	0,33
8EH1	C. vertical	38,53	11,88	37,33	18,25	20,74	17,72	10	0	13,58		
	Dinámico	54,62	13,36	53,5	25,19	23,62	24,72	14,54	4,39	17,24	1,95	0,48
8EH2	C. vertical	42,71	13,05	26,17	20,09	21,09	13,36	10,73	0	10,28		
	Dinámico	58,57	13,36	47,51	26,82	24,14	22,18	15,12	0,87	14,78	2,09	0,48
8EH3	C. vertical	16,75	5,33	15,54	9,54	9,54	9,54	3,14	0	3,14		
	Dinámico	21,45	6,74	18,93	10,3	10,6	9,54	4,15	3,14	3,89	0,77	0,24
8HJ1	C. vertical	20,51	9,68	30,87	13,31	13,36	14,8	5,75	0	7,87		
	Dinámico	44,51	13,36	52,13	20,88	15,09	24,14	12,08	4,39	13,68	1,59	0,48
8HJ2	C. vertical	24,38	12,4	40,38	13,36	19,36	19,07	10,55	0	13,71		
	Dinámico	47,31	13,36	58,19	22,09	21,36	26,66	16,53	4,39	18,9	1,69	0,48
8HJ3	C. vertical	9,54	5,31	16,66	6,18	9,54	9,54	3,14	0	3,14		
	Dinámico	19,52	7,83	25,21	9,54	9,59	12	4,24	3,14	5,41	0,70	0,28
9BE3	C. vertical	15,71	5,02	7,57	9,54	5,02	3,75	3,14	0	3,14		
	Dinámico	22,75	8,07	26,04	10,89	9,54	16,41	14,42	8,39	12,37	0,81	0,29
9EH3	C. vertical	19,48	6,15	18,26	9,54	11,92	9,54	4,34	0	4,13		
	Dinámico	23,15	7,23	21,52	11,07	13,97	10,33	6,33	3,14	6,05	0,83	0,26
9HJ1	C. vertical	19,28	7,98	25,16	12,53	13,36	13,36	4,43	0	5,67		
	Dinámico	44,15	13,36	49,72	20,73	14,49	23,12	10,81	4,39	11,73	1,58	0,48
9HJ2	C. vertical	25,34	8,59	27,18	13,36	20,85	13,36	10,19	0	10,56		
	Dinámico	48,88	13,36	50,73	22,76	23,33	23,55	15,55	4,39	15,83	1,75	0,48
9HJ3	C. vertical	9,54	6,11	19,33	5,72	9,54	9,54	3,14	0	3,16		
	Dinámico	18,83	8,43	27,32	9,54	9,54	12,95	4,24	3,14	5,94	0,67	0,30
10BE3	C. vertical	12,53	4,04	6,31	8,16	4,04	3,13	3,14	0	3,14		
	Dinámico	20,92	8,38	27,15	10,05	9,54	18,77	13,24	8,33	11,63	0,75	0,30
10EH3	C. vertical	16,53	5,27	14,35	9,54	9,54	9,31	3,14	0	3,14		
	Dinámico	20,08	6,33	17,53	9,66	11,41	9,54	4,25	3,14	3,8	0,72	0,23
10HJ1	C. vertical	20,71	8,13	25,65	13,36	14,05	13,36	5,66	0	6,69		
	Dinámico	48	13,36	52,73	22,39	16,15	24,39	12,32	4,39	13,08	1,71	0,48
10HJ2	C. vertical	17,18	5,93	18,43	11,2	13,41	11,99	4,39	0	4,39		
	Dinámico	44,23	13,36	45,63	20,76	15,81	21,37	9,64	4,39	9,83	1,58	0,48

Viga	Caso de análisis	As longitudinal (cm <sup>2</sup> )						As corte (cm <sup>2</sup> /m)			% As extremo i ≈ extremo j	% As centro del tramo
		Superior			Inferior			I	m	j		
		i	m	j	i	m	j					
10HJ3	C. vertical	9,54	5,54	17,43	5,33	9,54	9,54	3,14	0	3,14		
	Dinámico	18,59	8,08	26,08	9,54	9,54	12,39	3,88	3,14	5,4	0,66	0,29
11BE3	C. vertical	20,96	6,59	9,54	10,07	6,59	4,96	4,83	0	3,14		
	Dinámico	28,78	9,54	32,06	13,59	10,62	19,27	10,64	3,14	7,97	1,03	0,34
11EH3	C. vertical	26,04	8,07	24,51	12,38	15,94	11,69	8,01	0	7,76		
	Dinámico	29,94	9,16	27,94	14,1	18,05	13,22	10	3,14	9,68	1,07	0,33
11HJ1	C. vertical	21,2	9,18	29,18	13,36	14,04	14,02	6,17	0	7,81		
	Dinámico	51,38	13,36	58,99	23,83	16,14	26,99	13,61	4,39	14,81	1,84	0,48
11HJ2	C. vertical	21,55	7,5	23,56	13,36	16,97	13,36	6,98	0	7,4		
	Dinámico	50,64	13,36	52,79	23,51	19,4	24,42	13,5	4,39	13,79	1,81	0,48
11HJ3	C. vertical	9,54	7,25	23,2	5,92	9,54	11,1	3,14	0	4,71		
	Dinámico	19,89	9,54	31,31	9,58	9,54	14,71	5,35	3,14	7,6	0,71	0,34
12HJ1	C. vertical	11,45	3,72	11,45	6,82	9,78	7,49	3,77	0	3,77		
	Dinámico	39,34	11,45	39,95	19,83	11,45	19,82	14,86	8,72	15	1,87	0,55
12HJ2	C. vertical	11,45	3,39	11,45	6,39	10,81	6,83	3,77	0	3,77		
	Dinámico	37,7	11,45	38,08	19,61	11,45	19,48	14,6	8,45	14,7	1,80	0,55
12HJ3	C. vertical	5,62	1,46	5,92	2,79	6,18	2,94	3,14	0	3,14		
	Dinámico	16,44	5,32	16,72	9,54	9,01	9,54	7,11	4,07	7,18	0,78	0,25

Se observa que en promedio, las vigas presentan un requerimiento de acero en los apoyos de 1,5 % y de 0,5 % en el centro del tramo para el caso más desfavorable de análisis dinámico con el sismo correspondiente a un factor de respuesta igual a 2.

Columna		Caso de análisis	Refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> )			
			Extremo Inferior		Extremo Superior	
			cm <sup>2</sup>	%	cm <sup>2</sup>	%
1D1	70	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	30	D	103,60	4,93	36,04	1,72
1D2	60	C.V	18,00	1,00	18,00	1,00
	30	D	72,05	4,00	78,59	4,37
1D3	50	C.V	15,00	1,00	20,78	1,39
	30	D	54,25	3,62	68,40	4,56
1E1	70	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	35	D	121,86	4,97	43,90	1,79
1E2	60	C.V	21,00	1,00	21,66	1,03
	35	D	90,77	4,32	110,95	5,28
1E3	50	C.V	29,33	1,68	17,50	1,00
	35	D	76,08	4,35	97,56	5,57
1F1	70	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	35	D	126,05	5,14	59,68	2,44
1F2	60	C.V	23,68	1,13	30,80	1,47
	35	D	104,87	4,99	114,40	5,45
1F3	50	C.V	28,53	1,63	17,50	1,00
	35	D	74,70	4,27	97,72	5,58
1G1	70	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	30	D	105,38	5,02	38,25	1,82
1G2	60	C.V	18,00	1,00	18,00	1,00
	30	D	76,17	4,23	80,09	4,45
1G3	50	C.V	15,00	1,00	15,00	1,00
	30	D	52,20	3,48	66,30	4,42
2A1	40	C.V	10,00	1,00	10,00	1,00
	25	D	-	-	-	-
2A2	40	C.V	12,24	1,22	12,16	1,22
	25	D	-	-	-	-
2A3	40	C.V	15,36	1,54	14,40	1,44
	25	D	44,15	4,42	44,54	4,45
2C1	40	C.V	10,00	1,00	10,00	1,00
	25	D	-	-	-	-
2C2	40	C.V	12,64	1,26	12,69	1,27
	25	D	-	-	-	-
2C3	40	C.V	13,26	1,33	13,54	1,35
	25	D	51,35	5,14	50,57	5,06

C.V: carga vertical      D: dinámico

Columna		Caso de análisis	Refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> )			
			Extremo Inferior		Extremo Superior	
			cm <sup>2</sup>	%	cm <sup>2</sup>	%
3H1	30	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	70	D	122,63	5,84	46,58	2,22
3H2	30	C.V	18,00	1,00	18,00	1,00
	60	D	83,30	4,63	93,24	5,18
3H3	30	C.V	16,99	1,13	15,00	1,00
	50	D	51,68	3,45	66,29	4,42
3J1	30	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	70	D	117,28	5,58	42,52	2,02
3J2	30	C.V	18,00	1,00	18,00	1,00
	60	D	75,11	4,17	85,63	4,76
3J3	30	C.V	15,00	1,00	15,00	1,00
	50	D	50,58	3,37	63,45	4,23
4D1	70	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	30	D	91,72	4,37	91,72	4,37
4D2	60	C.V	18,00	1,00	18,00	1,00
	30	D	68,80	3,82	74,85	4,16
4D3	50	C.V	15,00	1,00	15,00	1,00
	30	D	52,96	3,53	65,17	4,34
4E1	70	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	35	D	100,68	4,11	24,50	1,00
4E2	60	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	35	D	69,49	3,31	74,16	3,53
4E3	50	C.V	17,50	1,00	27,45	1,57
	35	D	64,90	3,71	86,84	4,96
4F1	70	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	35	D	104,71	4,27	41,19	1,68
4F2	60	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	35	D	92,12	4,39	91,78	4,37
4F3	50	C.V	24,15	1,38	35,45	2,03
	35	D	69,50	3,97	85,22	4,87
4G1	70	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	30	D	93,66	4,46	36,93	1,76
4G2	60	C.V	18,00	1,00	18,00	1,00
	30	D	76,61	4,26	79,05	4,39
4G3	50	C.V	15,00	1,00	16,17	1,08
	30	D	56,45	3,76	65,13	4,34

Columna		Caso de análisis	Refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> )				Columna		Caso de análisis	Refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> )			
			Extremo Inferior		Extremo Superior					Extremo Inferior		Extremo Superior	
			cm <sup>2</sup>	%	cm <sup>2</sup>	%				cm <sup>2</sup>	%	cm <sup>2</sup>	%
5H1	30	C.V	24,50	1,17	24,50	1,17	8H1	35	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	70	D	131,87	6,28	52,09	2,48		70	D	83,89	3,42	24,50	1,00
5H2	30	C.V	21,00	1,17	27,80	1,54	8H2	35	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	60	D	107,68	5,98	117,52	6,53		60	D	81,05	3,86	86,84	4,14
5H3	30	C.V	37,18	2,48	29,46	1,96	8H3	35	C.V	17,50	1,00	17,50	1,00
	50	D	73,33	4,89	92,30	6,15		50	D	54,57	3,12	63,85	3,65
5J1	30	C.V	24,50	1,17	24,50	1,17	8J1	35	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	70	D	130,77	6,23	48,56	2,31		70	D	95,11	3,88	24,50	1,00
5J2	30	C.V	21,00	1,17	21,00	1,17	8J2	35	C.V	21,00	1,00	30,89	1,47
	60	D	103,56	5,75	113,08	6,28		60	D	87,54	4,17	99,22	4,72
5J3	30	C.V	31,84	2,12	27,37	1,82	8J3	35	C.V	25,36	1,45	27,77	1,59
	50	D	71,03	4,74	88,00	5,87		50	D	67,16	3,84	74,19	4,24
6A1	40	C.V	10,00	1,00	10,00	1,00	9H1	35	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	25	D	-	-	-	-		70	D	73,16	2,99	24,50	1,00
6A2	40	C.V	10,00	1,00	10,00	1,00	9H2	35	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	25	D	-	-	-	-		60	D	58,76	2,80	81,60	3,89
6A3	40	C.V	14,10	1,41	13,52	1,35	9H3	35	C.V	17,50	1,00	17,50	1,00
	25	D	43,07	4,31	43,20	4,32		50	D	53,79	3,07	52,17	2,98
6C1	40	C.V	10,00	1,00	10,00	1,00	9J1	35	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	25	D	49,62	4,96	43,67	4,37		70	D	92,30	3,77	24,50	1,00
6C2	40	C.V	12,00	1,20	12,09	1,21	9J2	35	C.V	21,00	1,00	34,68	1,65
	25	D	60,89	6,09	61,06	6,11		60	D	88,82	4,23	106,27	5,06
6C3	40	C.V	13,58	1,36	11,87	1,19	9J3	35	C.V	23,76	1,36	28,63	1,64
	25	D	49,35	4,94	47,06	4,71		50	D	71,04	4,06	72,57	4,15
7H1	35	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00	10H1	35	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	70	D	104,51	4,27	36,45	1,49		70	D	88,31	3,60	24,50	1,00
7H2	35	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00	10H2	35	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	60	D	100,81	4,80	113,03	5,38		60	D	66,16	3,15	76,37	3,64
7H3	35	C.V	17,50	1,00	17,50	1,00	10H3	35	C.V	17,50	1,00	17,50	1,00
	50	D	70,75	4,04	80,52	4,60		50	D	51,05	2,92	55,37	3,16
7J1	35	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00	10J1	35	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	70	D	107,61	4,39	37,06	1,51		70	D	102,20	4,17	38,55	1,57
7J2	35	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00	10J2	35	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	60	D	84,81	4,04	88,52	4,22		60	D	91,46	4,36	97,37	4,64
7J3	35	C.V	18,62	1,06	17,50	1,00	10J3	35	C.V	19,62	1,12	17,50	1,00
	50	D	56,27	3,22	70,97	4,06		50	D	64,15	3,67	70,74	4,04

C.V: carga vertical      D: dinámico

Columna		Caso de análisis	Refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> )			
			Extremo Inferior		Extremo Superior	
			cm <sup>2</sup>	%	cm <sup>2</sup>	%
11H1	35	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	70	D	93,28	3,81	24,50	1,00
11H2	35	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	60	D	61,35	2,92	79,36	3,78
11H3	35	C.V	17,50	1,00	17,50	1,00
	50	D	51,24	2,93	61,55	3,52
11J1	35	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	70	D	109,04	4,45	39,65	1,62
11J2	35	C.V	21,00	1,00	25,16	1,20
	60	D	99,96	4,76	109,88	5,23
11J3	35	C.V	22,48	1,28	23,35	1,33
	50	D	70,74	4,04	76,08	4,35
12H1	30	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	70	D	100,02	4,76	36,90	1,76
12H2	30	C.V	18,00	1,00	18,00	1,00
	60	D	78,14	4,34	83,29	4,63
12H3	30	C.V	15,73	1,05	15,00	1,00
	50	D	59,27	3,95	71,58	4,77
12J1	30	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	70	D	98,65	4,70	34,38	1,64
12J2	30	C.V	18,00	1,00	18,00	1,00
	60	D	71,79	3,99	77,33	4,30
12J3	30	C.V	15,00	1,00	15,00	1,00
	50	D	57,23	3,82	65,26	4,35
13D1	70	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	30	D	90,48	4,31	28,37	1,35
13D2	60	C.V	18,00	1,00	18,00	1,00
	30	D	67,45	3,75	70,50	3,92
13D3	50	C.V	15,08	1,01	15,00	1,00
	30	D	59,68	3,98	72,58	4,84
13E1	70	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	35	D	96,43	3,94	24,50	1,00
13E2	60	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	35	D	76,26	3,63	82,84	3,94
13E3	50	C.V	30,31	1,73	18,46	1,05
	35	D	75,00	4,29	95,42	5,45
13F1	70	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	35	D	88,83	3,63	24,50	1,00
13F2	60	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	35	D	67,62	3,22	71,18	3,39
13F3	50	C.V	29,95	1,71	17,50	1,00
	35	D	68,44	3,91	85,52	4,89
13G1	70	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	35	D	105,23	4,30	24,50	1,00
13G2	60	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	35	D	87,25	4,15	92,16	4,39
13G3	50	C.V	36,77	2,10	23,58	1,35
	35	D	76,09	4,35	97,80	5,59
13I1	70	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	30	D	109,75	5,23	39,59	1,89
13I2	60	C.V	18,00	1,00	18,00	1,00
	30	D	79,49	4,42	85,12	4,73
13I3	50	C.V	18,87	1,26	15,00	1,00
	30	D	58,89	3,93	70,63	4,71
14D1	70	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	30	D	92,33	4,40	36,56	1,74
14D2	60	C.V	18,00	1,00	18,00	1,00
	30	D	70,00	3,89	73,08	4,06
14D3	50	C.V	15,00	1,00	19,86	1,32
	30	D	64,04	4,27	75,91	5,06
14E1	70	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	35	D	112,49	4,59	48,96	2,00
14E2	60	C.V	21,00	1,00	30,66	1,46
	35	D	97,03	4,62	108,73	5,18
14E3	50	C.V	42,94	2,45	31,34	1,79
	35	D	-	-	-	-
14F1	70	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	35	D	102,43	4,18	42,95	1,75
14F2	60	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	35	D	88,68	4,22	94,93	4,52
14F3	50	C.V	34,45	1,97	25,40	1,45
	35	D	76,43	4,37	99,83	5,70

C.V: carga vertical      D: dinámico

Columna		Caso de análisis	Refuerzo longitudinal (cm <sup>2</sup> )			
			Extremo Inferior		Extremo Superior	
			cm <sup>2</sup>	%	cm <sup>2</sup>	%
14G1	70	C.V	24,50	1,00	24,50	1,00
	35	D	129,25	5,28	54,17	2,21
14G2	60	C.V	21,00	1,00	24,26	1,16
	35	D	102,67	4,89	115,58	5,50
14G3	50	C.V	43,52	2,49	30,21	1,73
	35	D	-	-	-	-
14I1	70	C.V	21,00	1,00	21,00	1,00
	30	D	121,12	5,77	44,12	2,10
14I2	60	C.V	18,00	1,00	18,00	1,00
	30	D	79,66	4,43	86,92	4,83
14I3	50	C.V	19,33	1,29	15,00	1,00
	30	D	55,09	3,67	69,15	4,61

C.V: carga vertical D: dinámico

(-) Sección insuficiente

Al analizar los porcentajes del acero requerido en las columnas para los casos de análisis presentados (carga vertical y dinámico) se evidencia que la acción de un sismo (con las características del sismo de diseño con el cual se está realizando el estudio) genera grandes solicitaciones sobre la estructura, ya que se presentan requerimientos en el orden de un 4 % alcanzando valores hasta de 6,5% de áreas de acero, o llegando a resultar la sección insuficiente en algunos casos. Este último caso se presenta esencialmente en el módulo correspondiente al diafragma “c” (ver figura 12), donde se encuentran columnas de sección rectangular de 25 x 40 cm. Igualmente ocurre para el caso de las columnas elípticas de triple altura, específicamente la columna 11E, la cual recibe la mayor carga vertical (respecto a las otras dos) transmitida por la viga del techo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El analizar la estructura con distintos modelos y con el uso de dos programas de cálculo, permitió verificar que la entrada de datos, correspondiente a topología, geometría y cargas sobre la edificación, era congruente, ya que como se puede observar en los resultados, se obtienen valores muy semejantes en los parámetros analizados en los distintos modelos.

Los valores obtenidos para las derivas en todos los modelos, son muy cercanos entre sí, y además estos no sobrepasan ni igualan los valores máximos permitidos por la Norma Covenin 1756-2001.

Se presentan valores elevados para las áreas de acero requeridas en los elementos estructurales, tanto en vigas (con cuantías de: valor promedio 1,5 %, valor máximo 2,1 %) como en columnas (con cuantías de: valor promedio 4,5 %, valor máximo 6,21%) para el sismo de diseño utilizado, el cual corresponde a un factor de reducción de respuesta igual a 2 (dos). A pesar de los altos requerimientos de acero de refuerzo arrojados, estos se encuentran dentro del rango permitido por la Norma Covenin 1753-87.

Se encontraron algunas columnas (principalmente en el 4) cuya sección resultó insuficiente durante el diseño, estas presentan una sección rectangular de 25 x 40 cm, lo cual corresponde a la mitad (aproximadamente) de las columnas del resto de la edificación. En uno de estos miembros (columna 2A1) ya se observan grietas importantes (ver anexo 5)

Por otra parte se recomienda realizar nuevas evaluaciones a la estructura para distintos valores de reducción de respuesta, a manera de comparar las solicitaciones encontradas para cada caso.

Es importante destacar que, tomando como referencia la época en que fue construida la estructura y los resultados obtenidos en Trabajos de Grado predecesores a este, posiblemente las áreas de acero calculadas no se encuentren en la edificación. Esta comparación no fue posible debido a la ausencia de planos estructurales y memorias de cálculo y descriptivas.

Debido a esto se recomienda realizar un levantamiento con mayor alcance para la determinación del acero de refuerzo en la estructura, tal como se realizó con el sistema Ferrosan FS10.

Mediante la detección del acero de refuerzo con el sistema Ferrosan FS10 se pudieron determinar separaciones entre estribos y ligaduras, y entre algunas barras de refuerzo longitudinal en columnas. No fue posible la determinación del diámetro de las barras debido a problemas técnicos con el equipo

A pesar de que el edificio fue proyectado antes del año 1967, y su construcción empezó en esa fecha, la separación observada entre estribos corresponde a las indicaciones de la Norma posterior al Sismo de 1967, lo cual le da un mejor confinamiento a las vigas respecto a la norma predecesora.

---

## BIBLIOGRAFÍA

Alvarez K., Hernandez A. (2003). *Análisis dinámico de la Facultad de Odontología de la Ciudad Universitaria de Caracas, a través de un programa de cálculo, con el fin de evaluar la respuesta sísmica del mismo*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Campos, A. (2004). *Definición de las relaciones entre parámetros geofísicos en pozos disponibles a lo largo de la Línea 4 del Metro de Caracas*. Tesis de Grado no publicada. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

*Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural* [On line]. Disponible en: [www.unesco.org](http://www.unesco.org)

Feliz J., Scremin L. (2003). *Evaluación estructural del edificio de la Facultad de Farmacia de la Ciudad Universitaria de Caracas*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Fernández , M. (1977). *Patología y terapéutica del hormigón armado*. Madrid. Editorial Dossat. 1ª Edición.

García, K. (2004). *Estudio de vulnerabilidad de la ciudad universitaria de caracas (geofísica somera)*. Autor. Escuela De Geología Minas Y Geofísica, Facultad De Ingeniería, Universidad Central De Venezuela.

*Informe de la 24ta sesión del comité*. [On line]. Disponible en: [www.unesco.org](http://www.unesco.org)

Jiménez A., Mendoza A. (2002). *Una metodología para la evaluación estructural del edificio de la Facultad de Arquitectura y el edificio de la Biblioteca Central de la*

---

*Ciudad Universitaria de Caracas*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Leal, I. (1981). *Historia de la UCV 1721 – 1981*. Caracas. Ediciones del Rectorado de la UCV

Matínez J., Ochoa V. (2002). Una metodología para la *evaluación estructural del edificio de Aulas de la Facultad de Ingeniería de la Ciudad Universitaria de Caracas*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Memoria Año Fiscal (1969-1970-1971-1972-1973). Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Edificios

Norma COVENIN 2002:1988. Criterios y acciones mínimas para el Proyecto de edificaciones.

Norma COVENIN 1756:2001. Edificaciones Sismorresistentes.

Norma COVENIN 1753: 1987. Estructuras de concreto armado para Edificaciones. Análisis y Diseño.

Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas. (1967). Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Edificios. Venezuela

Normas para el Cálculo de Edificios 1955. (1959). Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Edificios e Instalaciones Industriales. Venezuela

*Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention*. [On line]. Disponible en: [www.unesco.org](http://www.unesco.org)

Porreros, J.; Ramos C.; Grases J.; Velazco G. (2004). *Manual del concreto estructural. Conforme con la Norma Covenin 1753:03*. Caracas. SIDETUR. 1ª Edición.

Singer, A. (1977). *Tectónica reciente, morfogénesis sísmica y riesgo geológico en el graben de Caracas, Venezuela*. Caracas. V Congreso Geológico Venezolano

*Terminología del cemento y el hormigón*. Preparado por el Comité ACI 116

[www.ipc.gov.ve](http://www.ipc.gov.ve)

[www.unesco.org](http://www.unesco.org)

[www.arq.ucv.ve/centenariovillanueva/CUC](http://www.arq.ucv.ve/centenariovillanueva/CUC)

## **ANEXOS**

## ANEXO 1.

## Datos de línea de levantamiento para obtención de velocidades sísmicas

Línea No.:	Ubicación del geofono (m)	Ubicación Espacial del punto en superficie		Espesor (m)
		Latitud	Longitud	
10	2	730981	11602275	
	14	730993	11602276	4,7
	18	730997	11602277	5,3
	22	731001	11602277	5,0
	26	731005	11602278	4,9
	30	731009	11602278	
	34	731013	11602279	3,9
	38	731017	11602279	3,8
	41,3	731020	11602280	4,3
	46	731025	11602280	4,0
	50	731029	11602281	
	51,8	731030	11602281	3,8
	58	731037	11602282	3,9
	62,3	731041	11602282	5,1
	66	731045	11602283	5,0
	70	731048	11602283	5,3
	74	731052	11602284	5,5
	78	731056	11602284	5,1
	82	731060	11602285	5,0
	86	731064	11602285	5,2
	90	731068	11602286	4,9
	94	731072	11602286	4,1
	98	731076	11602287	3,7
	101,3	731080	11602287	3,5
	108,2	731086	11602288	3,2
	110	731088	11602288	3,8
	114	731092	11602289	3,2
	118	731096	11602289	3,4
	122	731100	11602290	3,3
	126	731104	11602290	2,9
130	731108	11602290	3,1	
134	731112	11602291	3,0	
138	731116	11602291	2,8	
142	731120	11602292	2,6	
146	731124	11602292	2,5	
150	731128	11602293	2,5	
154	731132	11602293	2,4	
158	731136	11602294		
162	731140	11602294		
166	731144	11602295		

170	731148	11602295	
173,6	731151	11602296	
178	731156	11602296	
182	731160	11602297	2,8
186	731164	11602297	2,4
190	731168	11602298	2,3
194	731172	11602298	2,3
196,8	731174	11602299	2,6
202	731180	11602299	2,8
206	731183	11602300	2,8
210	731187	11602300	
214	731191	11602301	
218	731195	11602301	3,1
222	731199	11602302	3,3
226	731203	11602302	3,1
230	731207	11602303	
234	731211	11602303	2,4
238	731215	11602304	2,3
242	731219	11602304	2,7
246	731223	11602305	2,4
248,4	731226	11602305	2,4
254	731231	11602305	
258	731235	11602306	
262	731239	11602306	2,9
266	731243	11602307	2,7
270	731247	11602307	2,5
274	731251	11602308	3,3
278	731255	11602308	3,4
282	731259	11602309	4,0
286	731263	11602309	3,2

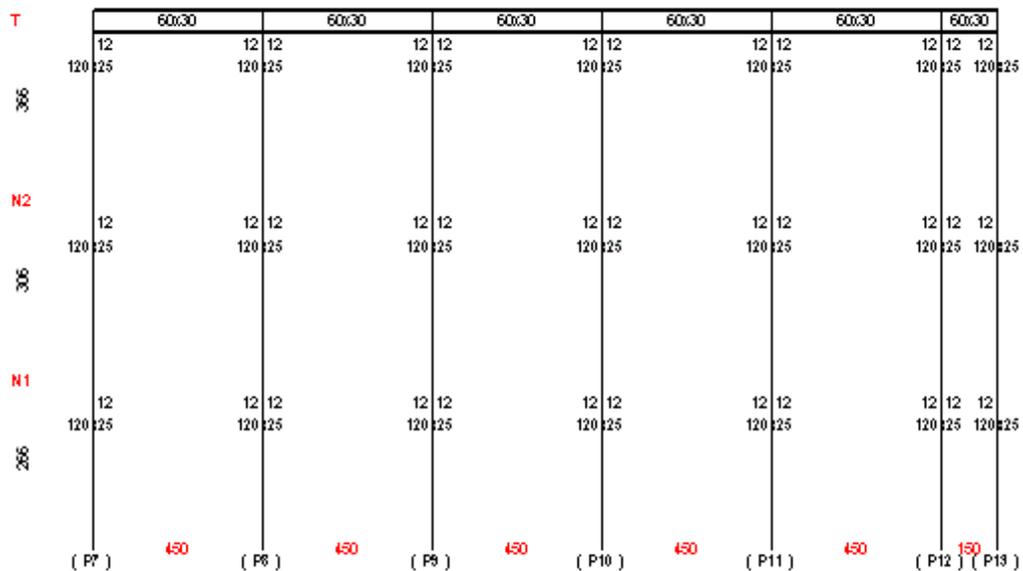
(Tomado de: "Estudio de vulnerabilidad de la Ciudad Universitaria de Caracas (Geofísica Somera)".  
García, 2004)

## ANEXO 2

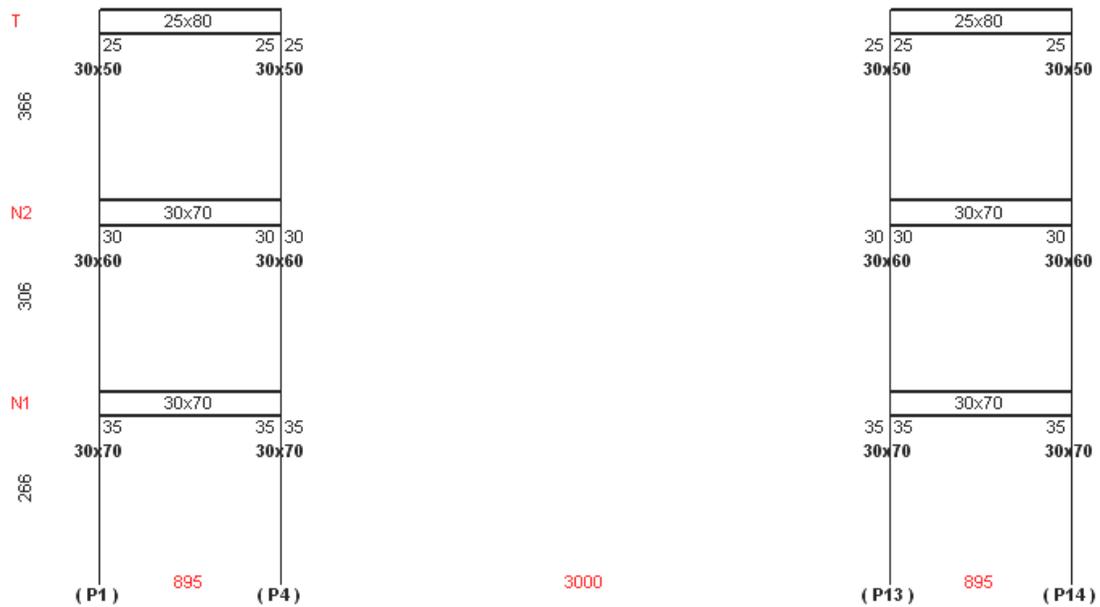
## Esquemas de Pórticos (Salidas del programa CBDS)



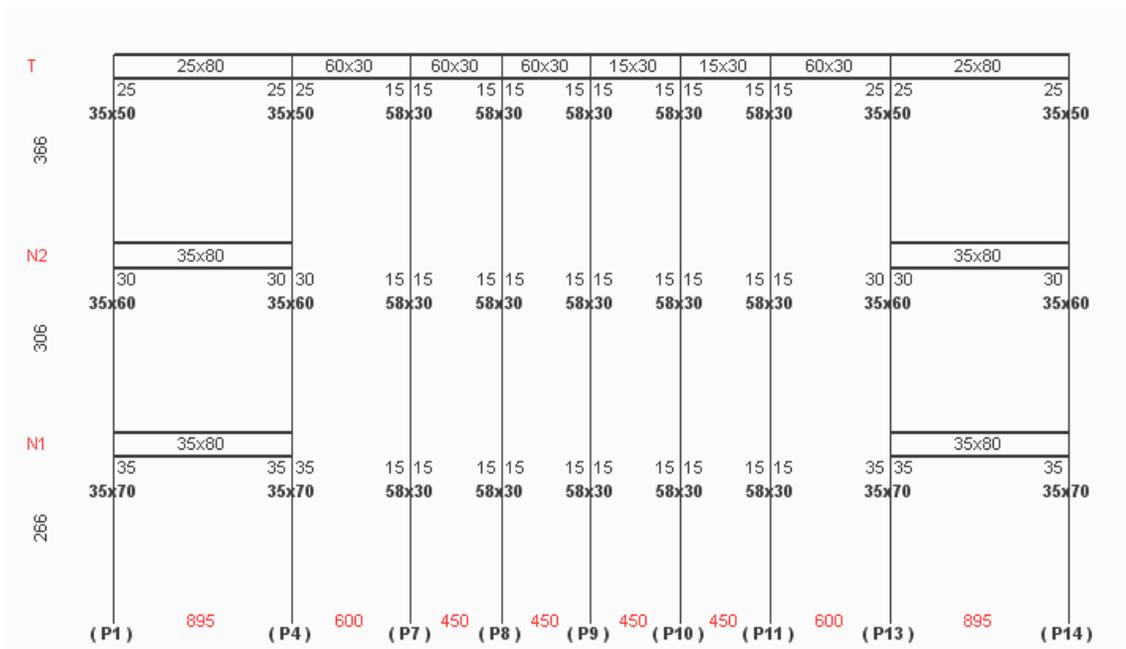
## Pórtico A = Pórtico C



## Pórtico B



**Pórtico D = Pórtico F = Pórtico G (No se muestran los volados)**



**Pórtico E (No se muestran los volados)**

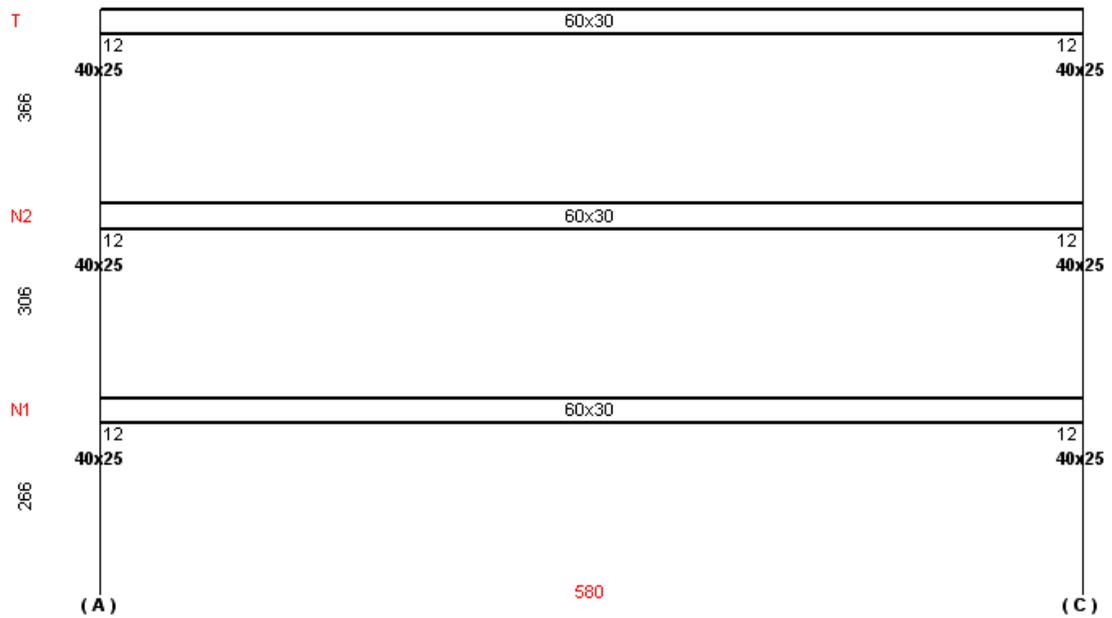
Nota: las columnas de los ejes 7, 8, 9, 10 y 11 presentan una sección rectangular (58x30) que equivale a una sección de forma elíptica (65x35) en cuanto a las características geométricas como área y radio de giro inercial.

T	60x30														
	15	17	17	17	17	17	17	17	15						
	50x30	50x35	50x30												
366															
N2	60x30														
	15	17	17	17	17	17	17	17	15						
	60x30	60x35	60x30												
306															
N1	60x30														
	15	17	17	17	17	17	17	17	15						
	70x30	70x35	70x30												
266															
	(P3)	450	(P5)	450	(P7)	450	(P8)	450	(P9)	450	(P10)	450	(P11)	450	(P12)

### Pórtico H = Pórtico J

T	60x30	60x30	60x30				
	15	17	17	17	17	15	
	50x30	50x35	50x35	50x30			
366							
N2	60x30	60x30	60x30				
	15	17	17	17	17	15	
	60x30	60x35	60x35	60x30			
306							
N1	60x30	60x30	60x30				
	15	17	17	17	17	15	
	70x30	70x35	70x35	70x30			
266							
	(D)	450	(E)	450	(F)	450	(G)

### Pórtico 1 = Pórtico 4



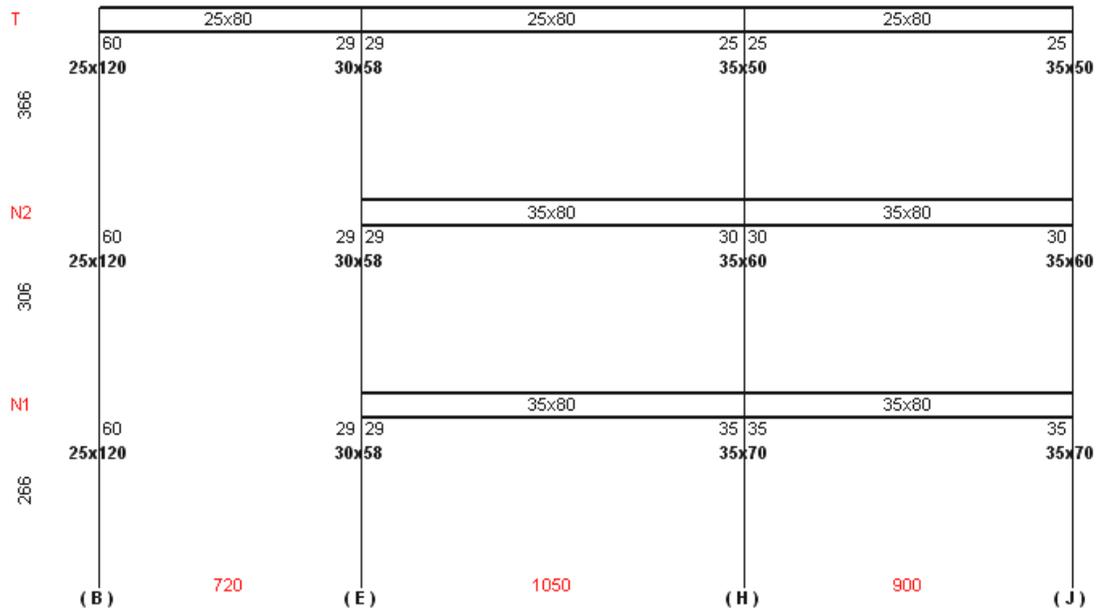
### Pórtico 2 = Pórtico 6



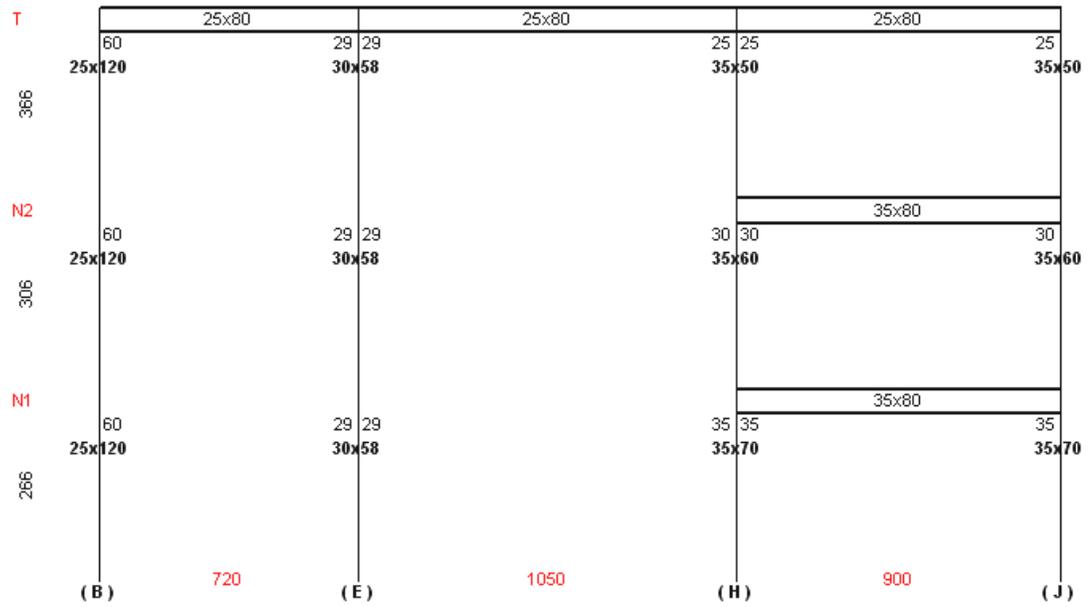
### Pórtico 3



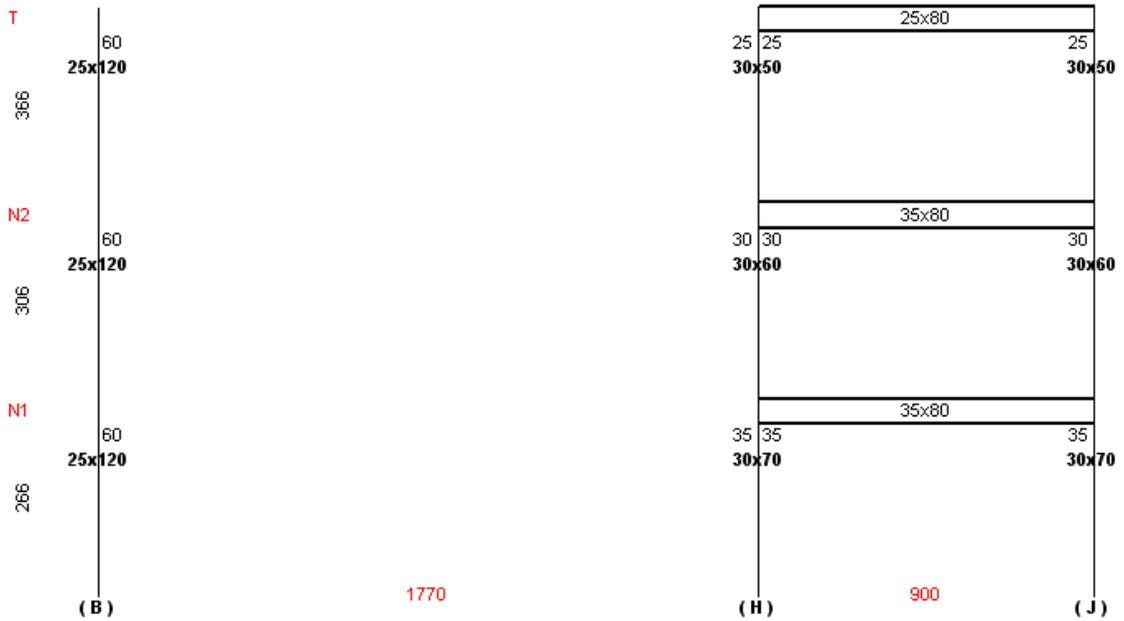
**Pórtico 5**



**Pórtico 7 = Pórtico 8 (No se muestran volados)**



**Pórtico 9 = Pórtico 10 = Pórtico 11 (No se muestran volados)**



**Pórtico 12**

T	25x30		60x30		60x30		60x30		60x30		
	60	15	15	17	17	17	17	17	17	15	
366	25x120	50x30		50x35		50x35		50x35		50x30	
N2	25x30		60x30		60x30		60x30		60x30		
	60	15	15	17	17	17	17	17	17	15	
306	25x120	60x30		60x35		60x35		60x35		60x30	
N1	25x30		60x30		60x30		60x30		60x30		
	60	15	15	17	17	17	17	17	17	15	
266	25x120	70x30		70x35		70x35		70x35		70x30	
	(B)	270	(D)	450	(E)	450	(F)	450	(G)	450	(I)

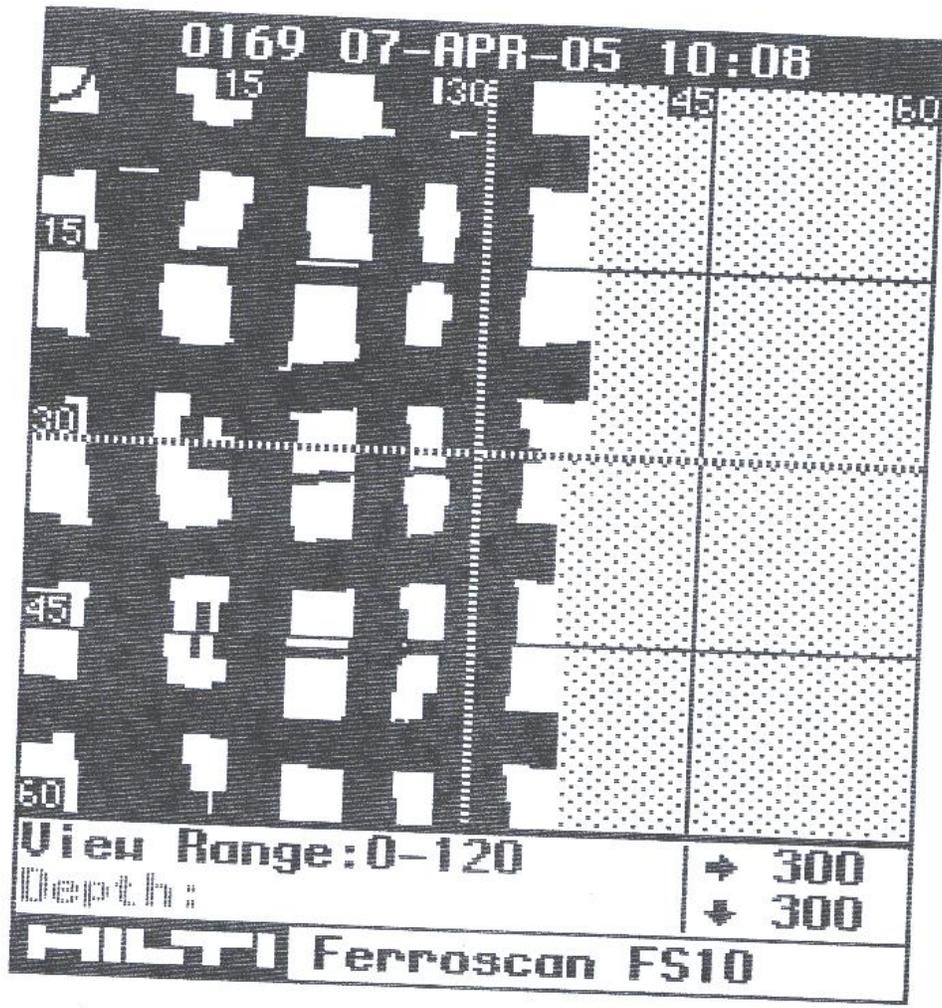
**Pórtico 13 = Pórtico 14**

**ANEXO 3**

**LEVANTAMIENTO CON FERROSCAN FS10**

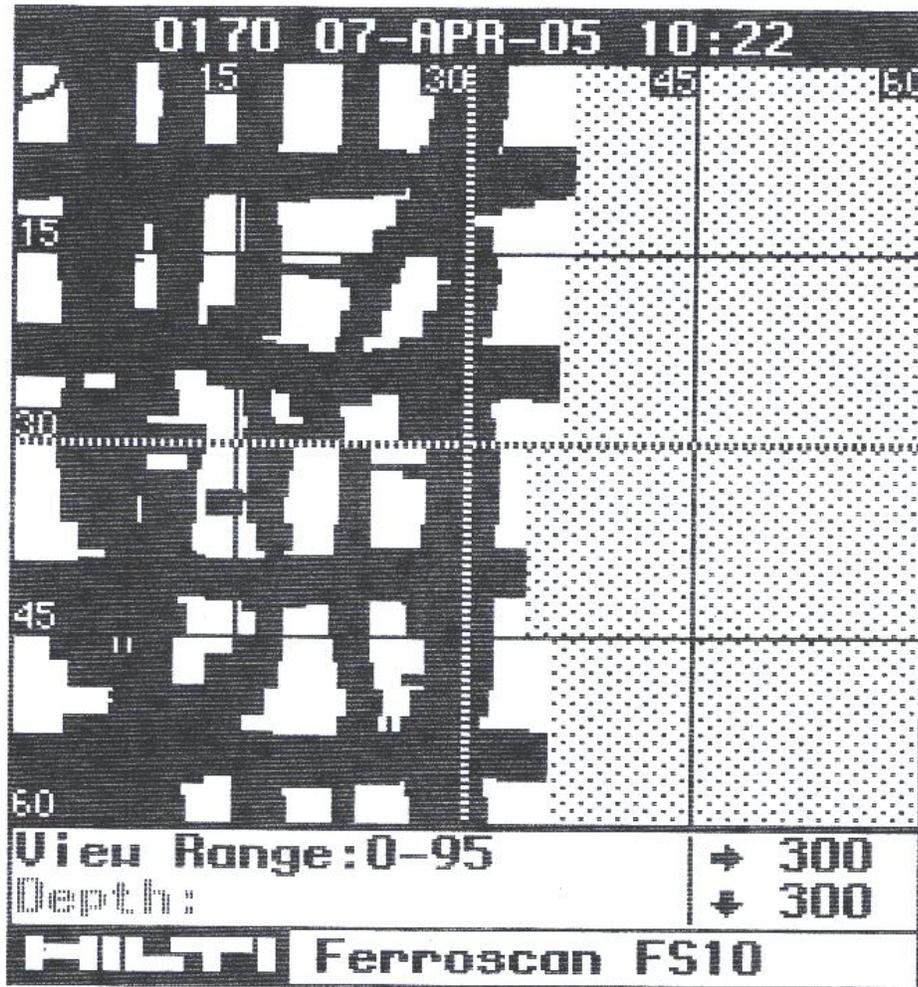
**Radiografías**

**Resultados obtenidos con detección rápida**



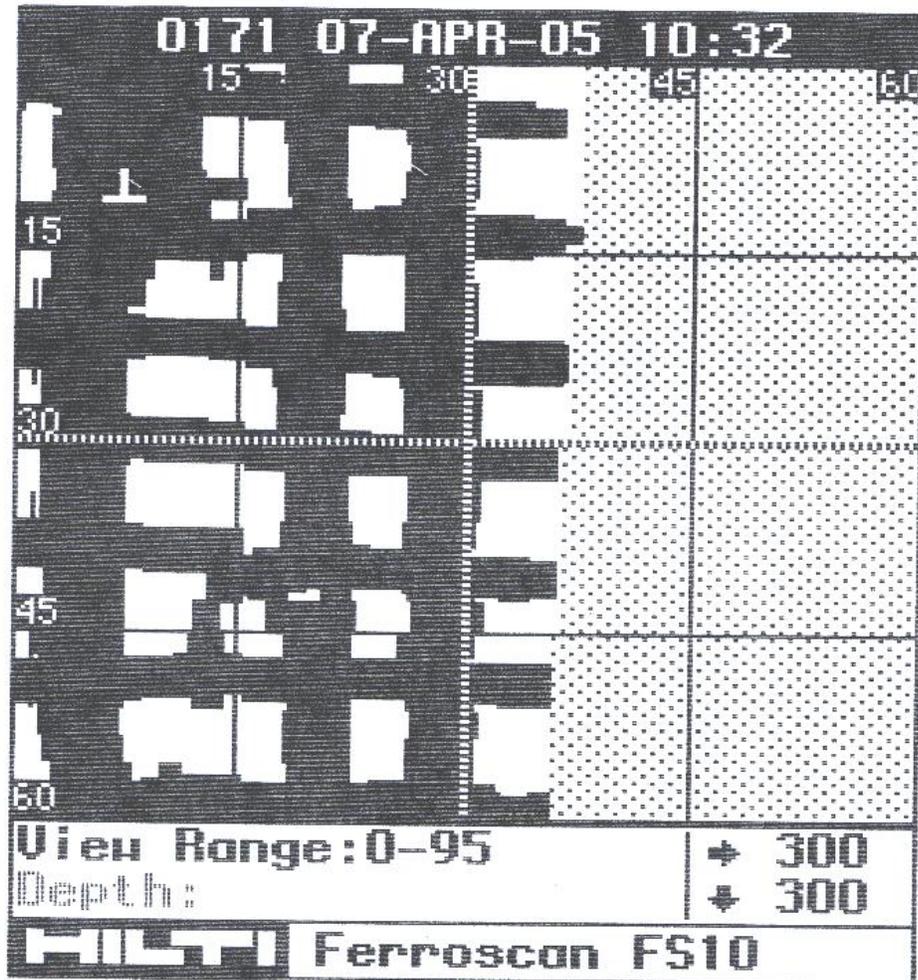
VIGA 7 (E-H)

CARA INFERIOR - CERCANA AL APOYO "H"



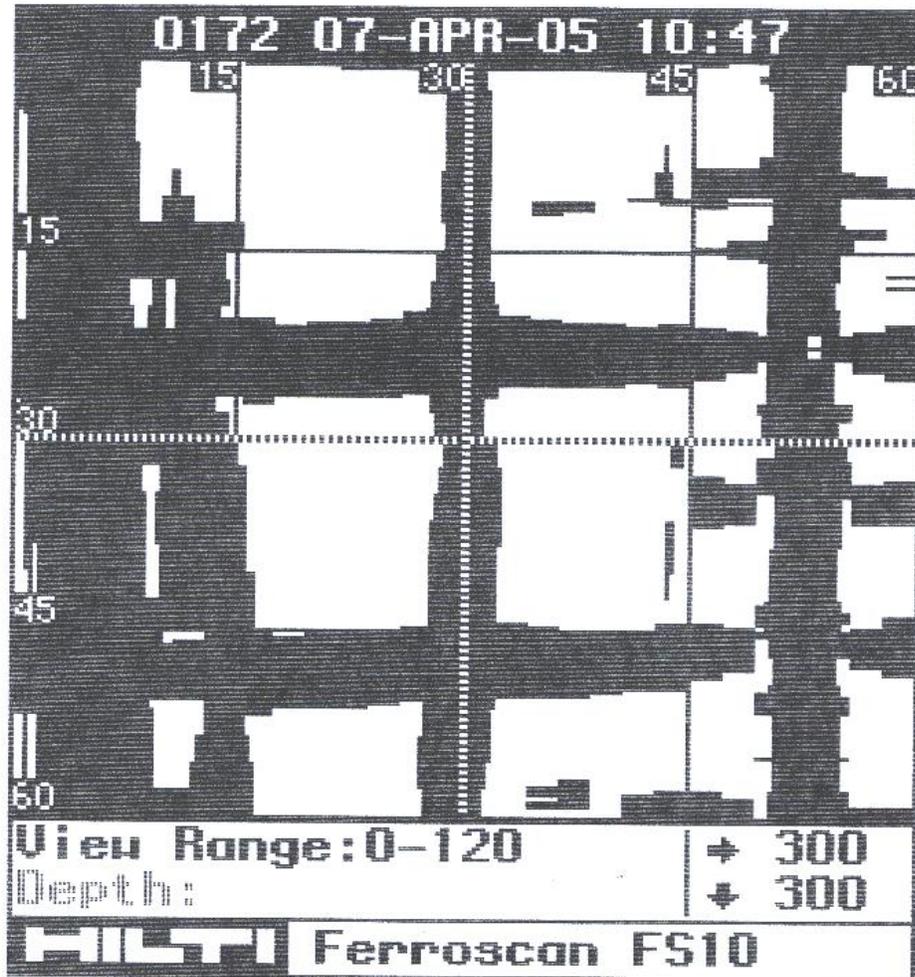
VIGA 7 (E-H)

CARA INFERIOR - CENTRO DEL TRAMO



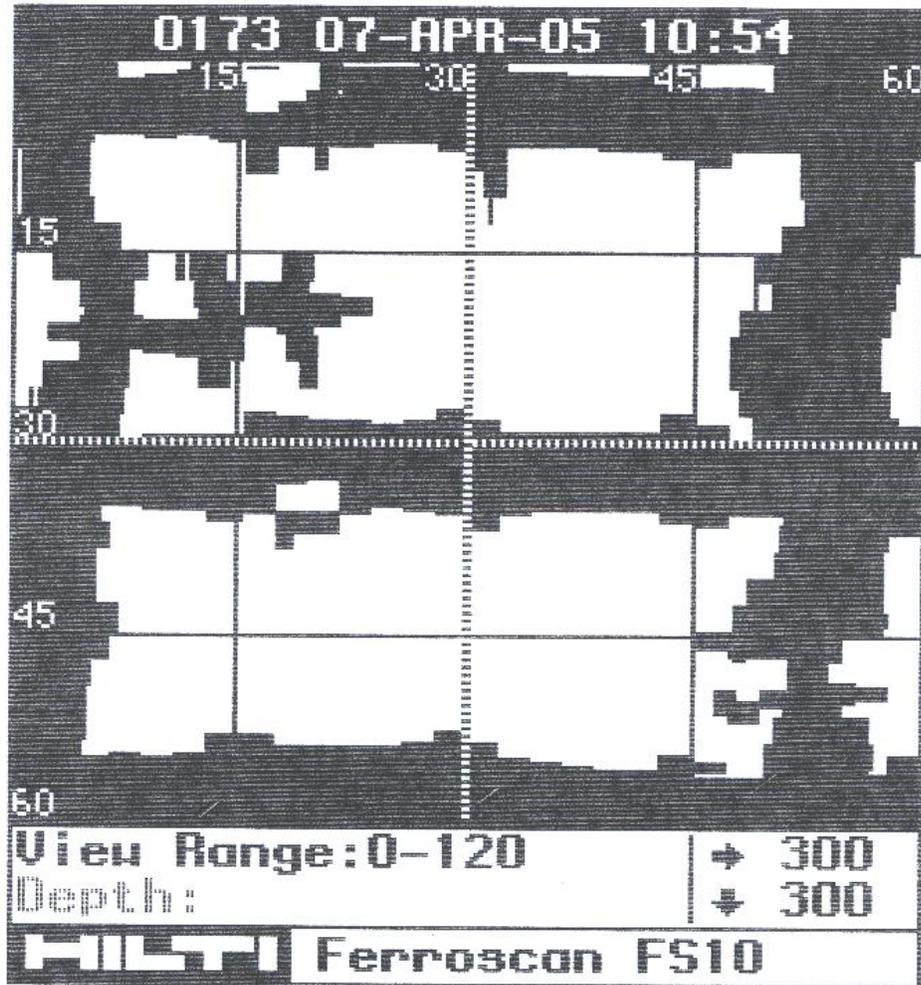
VIGA 7 (E-H)

CARA INFERIOR - CERCANA AL APOYO "E"



COLUMNA 7E - NIVEL PD

CARA SUR



COLUMNA 7H - NIVEL PB

CARA NORTE

**ANEXO 4**

**RESUMEN PLANILLAS DE LEVANTAMIENTO DE DAÑOS**

**PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS**

**Estructura en estudio: Edificio de Ingeniería Sanitaria**

**Planilla N° 1 / 3**

Tipo de miembro estructural:				Losa	Viga	Columna
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Tipo de Acabado	Daño		Observaciones
				Tipo	Nivel	
PB	A2			Humedad	X 1	Presencia de grietas y desprendimiento
				Poros	X 1	
PB	A6			Humedad	X 1	Presencia de grietas
				Poros	X 1	
PB	C2			Humedad	X 1	
				Poros	X 2	
PB	C6			Humedad	X 1	Presencia de grietas
				Poros	X 1	
PB	1D			Humedad	X 1	
				Poros	X 2	
PB	1E			Humedad	X 1	
				Poros	X 2	
PB	1F			Humedad	X 1	
				Poros	X 1	
PB	1G			Humedad	X 1	
				Poros	X 2	
PB	4D			Humedad	X 1	
				Poros	X 1	
PB	4E			Humedad	X 1	
				Poros	X 2	
PB	4F			Humedad	X 1	
				Poros	X 2	
PB	4G			Humedad	X 1	
				Poros	X 2	
PB	13D			Humedad	X 1	Presencia de escamas
				Poros	X 1	
PB	13E			Humedad	X 1	
				Poros	X 0-1	
PB	13F			Humedad	X 1	
				Poros	X 0-1	
PB	13G			Humedad	X 1	
				Poros	X 0-1	
PB	13I			Humedad	X 0-1	
				Poros	X 0-1	
PB	14D			Humedad	X 0-1	
				Poros	X 1	
PB	14I			Humedad	X 0-1	
				Poros	X 1	
PB	H3			Humedad	X 1	Principios de escamas
				Poros	X 1-2	
PB	H5			Humedad	X 1	
				Poros	X 1-2	
PB	H7			Humedad	X 1	Principios de escamas
				Poros	X 1	

OBRA LIMPIA

**PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS**

Estructura en estudio: Edificio de Ingeniería Sanitaria

Planilla N° 2 / 3				Tipo de miembro estructural:		Losa	Viga	Columna
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Tipo de Acabado	Daño			Observaciones	
				Tipo	Nivel			
PB	H8			Humedad	X	1		
				Poros	X	1		
PB	H9			Humedad	X	1-2		
				Poros	X	2		
PB	H10			Humedad	X	1		
				Poros	X	1		
PB	H11			Humedad	X	1	Principios de escamas	
				Poros	X	1-2		
PB	H12			Humedad	X	1		
				Poros	X	1-2		
PB	J3			Humedad	X	1		
				Poros	X	1-2		
PB	J5			Humedad	X	1		
				Poros	X	1-2		
PB	J7			Humedad	X	1		
				Poros	X	1-2		
PB	J8			Humedad	X	1		
				Poros	X	1-2		
PB	J9			Humedad	X	0-1		
				Poros	X	0-1		
PB	J10			Humedad	X	1		
				Poros	X	1		
PB	J11			Humedad	X	0-1		
				Poros	X	0-1		
PB	J12			Humedad	X	1-2		
				Poros	X	1		
1	A2			Humedad	X	1		
				Poros	X	1-2		
1	A6			Humedad	X	1	Principios de escamas	
				Poros	X	1		
1	C2			Humedad	X	1	Presencia de escamas	
				Poros	X	2		
1	C6			Humedad				
				Poros	X	0-1		
1	1D			Humedad	X	1		
				Poros	X	2		
1	1E			Humedad	X	1		
				Poros	X	2		
1	1F			Humedad	X	1		
				Poros	X	1		
1	1G			Humedad	X	1		
				Poros	X	1-2		
1	4D			Humedad	X	1		
				Poros	X	1-2		

OBRA LIMPIA

**PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS**

Estructura en estudio: Edificio de Ingeniería Sanitaria

**Planilla N° 3 / 3**

Tipo de miembro estructural:				Losa	Viga	Columna
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Tipo de Acabado	Daño		Observaciones
				Tipo	Nivel	
1	4E			Humedad	X	1
				Poros	X	1-2
1	4F			Humedad	X	1
				Poros	X	1-2
1	4G			Humedad	X	1
				Poros	X	1-2
1	13D			Humedad	X	1
				Poros		
1	13E			Humedad	X	0-1
				Poros	X	1
1	13F			Humedad	X	1
				Poros	X	2
1	13G			Humedad	X	1
				Poros	X	2
1	14D			Humedad	X	1
				Poros	X	2-3
1	14E			Humedad	X	1
				Poros	X	2-3
1	14F			Humedad	X	3
				Poros	X	2
1	14G			Humedad	X	3
				Poros	X	3
1	H3			Humedad	X	0-1
				Poros	X	2
1	H5			Humedad	X	1
				Poros	X	1
1	H7			Humedad	X	0-1
				Poros	X	2
1	H8			Humedad	X	0-1
				Poros	X	2
1	H9			Humedad	X	0-1
				Poros	X	2
1	H10			Humedad	X	1
				Poros	X	2
1	H11			Humedad	X	0-1
				Poros	X	1-2
1	H12			Humedad	X	0-1
				Poros	X	1
1	J3			Humedad		
				Poros	X	1-2
1	J8			Humedad		2
				Poros		2-3
1	J9			Humedad		3
				Poros		3

OBRA LIMPIA

**PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS**

**Estructura en estudio: Edificio de Ingeniería Sanitaria**

Planilla N° 1 / 5				Losa	Viga	Columna	
Tipo de miembro estructural:				Daño		Observaciones	
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Tipo de Acabado	Tipo	Nivel		
PB	A	2 - 6	OBRA LIMPIA	Humedad	X	1	Se observa desprendimiento
				Poros	X	1	
				C.V.	X	0	
				Corrosión			
PB	C	2 - 6		Humedad	X	2	Principios de escamas
				Poros	X	1	
				C.V.			
				Corrosión			
PB	D	1 - 4		Humedad	X	1-2	Principios de escamas
				Poros	X	2	
				C.V.			
				Corrosión			
PB	E	1 - 4		Humedad	X	1	
				Poros			
				C.V.			
				Corrosión			
PB	E	4 - 6	Humedad	X	3	Presencia de escamas	
			Poros	X	2		
			C.V.				
			Corrosión	X	1		
PB	F	4 - 6	Humedad	X	3	Presencia de escamas	
			Poros	X	2		
			C.V.				
			Corrosión				
PB	G	1 - 4	Humedad	X	1	Principios de escamas	
			Poros	X	1-2		
			C.V.				
			Corrosión				
PB	D	13 - 14	Humedad	X	1	Presencia de escamas	
			Poros	X	1-2		
			C.V.	X	1		
			Corrosión				
PB	D	13 - volado	Humedad	X	1		
			Poros				
			C.V.				
			Corrosión				
PB	F	13 - 14	Humedad	X	1		
			Poros				
			C.V.				
			Corrosión				
PB	F	13 - volado	Humedad	X	1		
			Poros	X	0-1		
			C.V.				
			Corrosión				
PB	G	13 - 14	Humedad	X	1		
			Poros	X	0-1		
			C.V.				
			Corrosión				

**PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS**

**Estructura en estudio: Edificio de Ingeniería Sanitaria**

Planilla N° 2 / 5				Losa	Viga	Columna	
Tipo de miembro estructural:				Daño		Observaciones	
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Tipo de Acabado	Tipo	Nivel		
PB	G	13 - volado	OBRA LIMPIA	Humedad	X	1	
				Poros	X	1	
				C.V.			
				Corrosión			
PB	I	13 - 14		Humedad	X	3	
				Poros	X	2	
				C.V.			
				Corrosión			
PB	3	H - J		Humedad	X	1	Principios de escamas
				Poros	X	1-2	
				C.V.			
				Corrosión			
PB	7	H - J		Humedad	X	1	
				Poros	X	1	
				C.V.			
				Corrosión			
PB	7	E - H	Humedad	X	3	Presencia de escamas	
			Poros	X	2		
			C.V.				
			Corrosión	X	1		
PB	7	volado	Humedad	X	3		
			Poros	X	2		
			C.V.				
			Corrosión				
PB	8	H - J	Humedad	X	2		
			Poros	X	1		
			C.V.				
			Corrosión				
PB	8	E - H	Humedad	X	3		
			Poros	X	2		
			C.V.				
			Corrosión	X	1		
PB	12	H - J	Humedad	X	3		
			Poros	X	3		
			C.V.	X	1		
			Corrosión				
PB	5	H - J	Humedad	X	3		
			Poros	X	1		
			C.V.				
			Corrosión				
PB	E	4 - 6 (volado)	Humedad	X	3		
			Poros	X	2		
			C.V.				
			Corrosión				
PB	F	4 - 6 (volado)	Humedad	X	3		
			Poros	X	2		
			C.V.				
			Corrosión				

**PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS**

**Estructura en estudio: Edificio de Ingeniería Sanitaria**

Planilla N° 3 / 5				Losa	Viga	Columna	
Tipo de miembro estructural:				Daño			
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Tipo de Acabado	Tipo	Nivel	Observaciones	
1	A	2 - 6	OBRA LIMPIA	Humedad	X	1	Principios de escamas
				Poros	X	0-1	
				C.V.			
				Corrosión			
1	C	2 - 6		Humedad	X	2	
				Poros	X	0-1	
				C.V.			
				Corrosión	X	2	
1	D	1 - 4		Humedad	X	1-2	
				Poros	X	0-1	
				C.V.			
				Corrosión			
1	E	1 - 4		Humedad	X	2	
				Poros	X	2	
				C.V.			
				Corrosión			
1	E	4 - 6 (volado)	Humedad	X	2	Presencia de escamas	
			Poros	X	2-3		
			C.V.				
			Corrosión	X	2		
1	F	1 - 4	Humedad	X	2		
			Poros	X	1		
			C.V.				
			Corrosión	X	2		
1	F	4 - 6 (volado)	Humedad	X	3		
			Poros	X	2		
			C.V.				
			Corrosión				
1	G	1 - 4	Humedad	X	1	Principios de escamas	
			Poros				
			C.V.				
			Corrosión				
1	D	13 - 14	Humedad	X	1	Presencia de escamas	
			Poros	X	1		
			C.V.				
			Corrosión				
1	D	13 - volado	Humedad	X	3		
			Poros	X	2		
			C.V.				
			Corrosión	X	2		
1	E	13 - 14	Humedad	X	2-3		
			Poros	X	2		
			C.V.				
			Corrosión				
1	E	volado - 13	Humedad	X	3		
			Poros	X	2		
			C.V.				
			Corrosión				

**PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS**

**Estructura en estudio: Edificio de Ingeniería Sanitaria**

Planilla N° 4 / 5				Losa	Viga	Columna	
Tipo de miembro estructural:				Daño		Observaciones	
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Tipo de Acabado	Tipo	Nivel		
1	F	13 - 14	OBRA LIMPIA	Humedad	X	2	
				Poros	X	2	
				C.V.			
				Corrosión			
1	F	volado - 13		Humedad	X	3	
				Poros	X	2	
				C.V.			
				Corrosión	X	2	
1	G	13 - 14		Humedad	X	3	
				Poros	X	2	
				C.V.			
				Corrosión			
1	G	volado - 13		Humedad	X	3	
				Poros	X	1	
				C.V.			
				Corrosión	X	3	
1	I	13 - 14	Humedad	X	1	Son valores para la cara interna	
			Poros	X	1	En la cara externa se observan	
			C.V.			daños mayores	
			Corrosión				
1	3	H - J	Humedad	X	1		
			Poros				
			C.V.				
			Corrosión				
1	5	H - J	Humedad	X	3		
			Poros	X	1		
			C.V.				
			Corrosión				
1	7	E - H	Humedad	X	3	Presencia de escamas	
			Poros	X	2		
			C.V.				
			Corrosión	X	1		
1	7	H - J	Humedad	X	2		
			Poros	X	1		
			C.V.				
			Corrosión				
1	8	E - H	Humedad	X	3		
			Poros	X	2		
			C.V.				
			Corrosión				
1	8	H - J	Humedad	X	3		
			Poros	X	2		
			C.V.				
			Corrosión	X	2		
1	9	volado - H	Humedad	X	3		
			Poros	X	2		
			C.V.				
			Corrosión	X	3		

**PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS**

**Estructura en estudio: Edificio de Ingeniería Sanitaria**

Planilla N° 5 / 5		Tipo de miembro estructural:		Losa	Viga	Columna	
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Tipo de Acabado	Daño		Observaciones	
				Tipo	Nivel		
1	9	H - J	OBRA LIMPIA	Humedad	X	3	
				Poros	X	2	
				C.V.			
				Corrosión	X	1	
1	10	volado - H		Humedad	X	3	Presencia de escamas
				Poros	X	2	
				C.V.			
				Corrosión	X	2	
1	10	H - J		Humedad	X	3	Principios de escamas
				Poros	X	2	
				C.V.			
				Corrosión	X	1	
1	11	volado - H		Humedad	X	3	
				Poros	X	2	
				C.V.			
				Corrosión	X	1	
1	11	H - J	Humedad	X	3		
			Poros	X	2		
			C.V.				
			Corrosión	X	2		
1	12	H - J	Humedad	X	3		
			Poros	X	1		
			C.V.				
			Corrosión				
				Humedad			
				Poros			
				C.V.			
				Corrosión			
				Humedad			
				Poros			
				C.V.			
				Corrosión			
				Humedad			
				Poros			
				C.V.			
				Corrosión			
				Humedad			
				Poros			
				C.V.			
				Corrosión			

**PLANILLA DE REGISTRO PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS**

Estructura en estudio: Edificio de Ingeniería Sanitaria

**Planilla N° 1 / 1**

Tipo de elemento:					Quebrasol	Pared	Otro
Nivel	Eje longitudinal	Eje transversal	Fachada	Tipo de acabado	Daño		Observaciones
					Tipo	Nivel	
PB	2	A-C	Sur	Mosaicos vitrificados	D. M.	X	1
					C.V.		
PB	6	A-C			D. M.	X	0-1
					C.V.		
PB	A	2-6	Oeste		D. M.	X	1
					C.V.		
PB	G	1-4	Este		D. M.	X	1
					C.V.		
PB	3	H-J	Sur		D. M.	X	1
					C.V.		
PB	D	13-14	Oeste		D. M.	X	2
					C.V.		
PB	13	B-D	Norte		D. M.		
					C.V.	X	0-1
1	13	B-D	Norte	Celosía de concreto	D. M.		
				C.V.	X	0-1	
1	G	1-4	Este	Mosaicos vitrificados	D. M.	X	1-2
					C.V.		
1	3	H-J	Sur		D. M.	X	2-3
					C.V.		
1	D	13-14	Oeste		D. M.	X	0-1
					C.V.		
2	6	A-C			D. M.	X	1
					C.V.		
2	A	2-6	Oeste		D. M.	X	1
					C.V.		
2	G	Este			D. M.	X	1
					C.V.		
2	3	H-J	Sur		D. M.	X	3
					C.V.		

D. M. : desprendimiento de mosaicos

C.V. : crecimiento vegetal

**ANEXO 5.****Daño observado en columna "2A" en el Nivel Planta Baja**

**ANEXO 6**

**VALORES REPRESENTATIVOS DE ESFUERZOS EN PLACAS QUE  
SOPORTAN QUIEBRASOLES**

**Esfuerzos en elementos "shells" ubicados en franja adyacente a columna 11B  
de la placa a cota +2,71 m entre ejes 11 y 10**

<b>TABLE: Element Stresses - Area Shells</b>								
<b>Area</b>	<b>Joint</b>	<b>OutputCase</b>	<b>S11Top</b>	<b>S22Top</b>	<b>S12Top</b>	<b>S11Bot</b>	<b>S22Bot</b>	<b>S12Bot</b>
Text	Text	Text	Kgf/m2	Kgf/m2	Kgf/m2	Kgf/m2	Kgf/m2	Kgf/m2
663	1164	CP	-6313	1336	-435	7868	903	404
663	1163	CP	-4529	-1049	-1203	5864	2186	1181
663	1165	CP	-5591	-261	-1428	6988	1411	1213
663	1166	CP	-9428	-2097	-661	11045	4348	435
663	1164	CP+CV+Sx	2928888	617338	34533	2806273	549357	34145
663	1163	CP+CV+Sx	1727572	413367	54315	1816932	400270	77273
663	1165	CP+CV+Sx	1703998	368545	59264	1853441	337297	80549
663	1166	CP+CV+Sx	3003258	691883	35960	2929449	715791	36745
663	1164	CP+CV+Sx	-2453154	-498224	-39068	-3270243	-632292	-37952
663	1163	CP+CV+Sx	-1481054	-356568	-63085	-2054650	-435713	-83962
663	1165	CP+CV+Sx	-1463514	-310034	-70970	-2086740	-374775	-86949
663	1166	CP+CV+Sx	-2527560	-580835	-43430	-3394998	-790984	-40262
664	1166	CP	-8964	222	-700	10374	996	469
664	1165	CP	-5797	-1288	-1536	7099	1963	1258
664	1167	CP	-6770	-725	-1549	8147	1415	1190
664	1168	CP	-12474	-3619	-713	13960	4853	402
664	1166	CP+CV+Sx	2973358	605295	37554	2895801	563007	40515
664	1165	CP+CV+Sx	1714578	396844	65070	1861329	381041	87250
664	1167	CP+CV+Sx	1709647	363825	65328	1909211	341482	85152
664	1168	CP+CV+Sx	3083456	748716	37788	3064050	757352	38116
664	1166	CP+CV+Sx	-2497249	-492192	-45125	-3362650	-644704	-43956
664	1165	CP+CV+Sx	-1474304	-339386	-78597	-2094559	-418177	-94167
664	1167	CP+CV+Sx	-1471236	-305850	-79518	-2140704	-379159	-94072
664	1168	CP+CV+Sx	-2613426	-645469	-46021	-3524945	-829217	-43560
668	1174	CP	-21803	-5980	-210	22037	2494	761
668	1173	CP	-10118	-2480	-607	11136	2910	1640
668	1175	CP	-13505	888	398	10716	-1219	1585
668	1176	CP	-24560	-6466	796	20987	2217	706
668	1174	CP+CV+Sx	3419469	733793	32501	3463990	621937	36713
668	1173	CP+CV+Sx	1717828	406005	63615	2000574	380662	64987
668	1175	CP+CV+Sx	2114065	110482	149101	2056962	171005	126671
668	1176	CP+CV+Sx	3228246	686764	126886	3003601	523847	110517
668	1174	CP+CV+Sx	-2963077	-642967	-44731	-3909285	-697414	-40125
668	1173	CP+CV+Sx	-1496194	-363915	-82865	-2214075	-422222	-67565
668	1175	CP+CV+Sx	-1856651	-120964	-174196	-2277652	-154274	-120579
668	1176	CP+CV+Sx	-2814090	-618620	-144962	-3378070	-570924	-105260
2969	3583	CP	7050	-489	497	-4133	180	-552
2969	3584	CP	5343	69	1174	-2358	-40	-1020
2969	3585	CP	653	1442	2228	1647	-1550	-1528
2969	3586	CP	14408	1020	1551	-12176	-1466	-1060
2969	3583	CP+CV+Sx	450866	102054	103838	408835	72878	109046
2969	3584	CP+CV+Sx	354029	14343	187817	366562	23264	168367
2969	3585	CP+CV+Sx	1237838	132716	301803	1172199	116573	240619
2969	3586	CP+CV+Sx	1232978	196638	216990	970971	228577	180644
2969	3583	CP+CV+Sx	-211911	-95953	-104428	-618769	-79979	-112027
2969	3584	CP+CV+Sx	-179931	-15908	-181237	-511410	-21558	-177148
2969	3585	CP+CV+Sx	-1020160	-116180	-285971	-1368235	-134490	-253801
2969	3586	CP+CV+Sx	-1013722	-208344	-208328	-1168813	-219391	-188028

**Esfuerzos en elementos "shells" ubicados en la franja central  
de la placa a cota +2,71 m entre ejes 9 y 10**

<b>TABLE: Element Stresses - Area Shells</b>								
<b>Area</b>	<b>Joint</b>	<b>OutputCase</b>	<b>S11Top</b>	<b>S22Top</b>	<b>S12Top</b>	<b>S11Bot</b>	<b>S22Bot</b>	<b>S12Bot</b>
Text	Text	Text	Kgf/m2	Kgf/m2	Kgf/m2	Kgf/m2	Kgf/m2	Kgf/m2
4215	4887	CP	-5169	-1198	-111	5408	1096	210
4215	4896	CP	-2865	-577	-84	3105	482	189
4215	4897	CP	-2528	-607	-78	3195	598	200
4215	4888	CP	-4931	-922	-105	5597	906	221
4215	4887	CP+CV+Sx	518723	113174	32208	616200	120118	24597
4215	4896	CP+CV+Sx	265538	52206	30290	357633	55756	26900
4215	4897	CP+CV+Sx	240162	55644	29931	349799	63842	26834
4215	4888	CP+CV+Sx	511923	101655	31830	627214	108002	24494
4215	4887	CP+CV+Sx	-554176	-124678	-31920	-563567	-110952	-18754
4215	4896	CP+CV+Sx	-296257	-60075	-30064	-309673	-49918	-20450
4215	4897	CP+CV+Sx	-269009	-64264	-29538	-299493	-56410	-20131
4215	4888	CP+CV+Sx	-546071	-108735	-31375	-571668	-102417	-18399
4216	4888	CP	-4987	-1202	-108	5633	1086	263
4216	4897	CP	-2521	-572	-127	3175	497	160
4216	4898	CP	-2145	-676	-160	3324	706	196
4216	4889	CP	-4620	-909	-142	5790	897	298
4216	4888	CP+CV+Sx	514503	114398	32030	629464	119215	28539
4216	4897	CP+CV+Sx	239736	53501	35165	348614	57902	24346
4216	4898	CP+CV+Sx	208298	64928	38609	348265	76200	26062
4216	4889	CP+CV+Sx	489172	99253	35481	634774	106134	32042
4216	4888	CP+CV+Sx	-549578	-126115	-31673	-573297	-110517	-22163
4216	4897	CP+CV+Sx	-268442	-61416	-35035	-298602	-51940	-17739
4216	4898	CP+CV+Sx	-234830	-73165	-38588	-295847	-69000	-19223
4216	4889	CP+CV+Sx	-522291	-106489	-35233	-575981	-101002	-25434
4220	4892	CP	660	63	-257	2168	-156	301
4220	4901	CP	255	117	-200	2577	-193	259
4220	4902	CP	1273	25	-228	2192	26	222
4220	4893	CP	451	-42	-286	3011	75	264
4220	4892	CP+CV+Sx	91157	9787	41724	138702	18011	44323
4220	4901	CP+CV+Sx	20636	26338	37864	206879	28126	44675
4220	4902	CP+CV+Sx	120293	2183	37013	146998	2513	37784
4220	4893	CP+CV+Sx	33314	7137	40899	232943	6918	37409
4220	4892	CP+CV+Sx	-105262	-12836	-45192	-83939	-15630	-38801
4220	4901	CP+CV+Sx	-35222	-28119	-42260	-151769	-27671	-38358
4220	4902	CP+CV+Sx	-129370	-2237	-41642	-90435	-2392	-31863
4220	4893	CP+CV+Sx	-49397	-6990	-44599	-169242	-6339	-32283
6207	6975	CP	-4691	-682	-260	2931	561	301
6207	6977	CP	-4186	152	-298	2458	-107	517
6207	6978	CP	-3759	-560	-231	2145	628	340
6207	6976	CP	-5824	-986	-193	4178	888	124
6207	6975	CP+CV+Sx	434681	71593	27611	441972	77019	42083
6207	6977	CP+CV+Sx	346211	22665	24954	385515	9222	66911
6207	6978	CP+CV+Sx	329078	62002	22746	310923	69001	42671
6207	6976	CP+CV+Sx	563596	108263	25341	533207	103295	19653
6207	6975	CP+CV+Sx	-446983	-74983	-32913	-436726	-76030	-37002
6207	6977	CP+CV+Sx	-384918	-22794	-33531	-353561	-9984	-58433
6207	6978	CP+CV+Sx	-361997	-65757	-29149	-277239	-64634	-34958
6207	6976	CP+CV+Sx	-591052	-110887	-28470	-505289	-101569	-15338