

## ANÁLISIS DE LA SIMULACIÓN SÍSMICA DEL BD BACATÁ

Sena Centro De Tecnologías Para La Construcción y  
La Madera (CTCM).

Cundinamarca, Bogotá DC.

Semillero de Investigación.

Aprendices:

Jennifer Garrido, Jeraldine Garrido y Sebastián  
Peréz.

2018.

Arq.Esp en Urbanismo y Planeación Territorial

.Lyz Faryde Rojas G.

Instructora Investigadora Sennova

### Resumen

El proyecto del edificio del BD Bacatá nos da a conocer que, dependiendo de la simulación sísmica, a través de la maqueta elaborada con materiales; Palos de balsa, cartón paja, lamina de balsa y una tabla triplex tuvo como objetivo mirar si la estructura soportaba la simulación sísmica ya que llevamos a cabo en una sesión que permitió identificar inicialmente que escalas menores no se podía apreciar muy bien ya que no son viables para esta simulación sísmica.

**Palabras Clave:** Simulación sísmica, soportar, escala, materiales.

### Summary

The BD Bacatá building project informs us that depending on the seismic simulation. through the model made with materials. Balsa sticks, straw cardboard, balsa sheet and a triplex table aimed to know if the structure supported the seismic simulation since we carried out a session that allowed us to initially identify which minor scales could not be appreciated very well since they are viable for seismic simulation.

**keywords:** Seismic simulation, support, scale, materials.

### INTRODUCCIÓN

En este proyecto del BD Bacatá un edificio insignia de la capital de Bogotá, necesitamos comprender los aspectos primordiales de su construcción, empezando por su ubicación; que es en el centro de Bogotá. En principio lo que se quiso fue dar una nueva aura al centro capitalino incorporando un modelo contemporáneo que interactuara con las edificaciones presentes, pero que a su vez fuese novedosa para que así renovara el estilo tradicional de los establecimientos presentes en el sector, es así como el BD Bacatá nace, un centro donde el factor sostenible es importante para darle la nueva aura que reinventara los principios arquitectónicos del centro de Bogotá.

Esta gran obra contribuye a la renovación cultural del sector tan característico de la candelaria haciendo que las actividades económicas y sociales interactúen con el ambiente y la arquitectura moderna, por tal razón esta construcción es motivo de análisis para el proceso de formación tecnológica ya que copia las características.

Propias de la arquitectura del siglo XXI; como el ahorro de energía gracias a la adecuación arquitectónica y de técnicas de reutilización del agua por medio de techos verdes.

Además de los recursos de soporte estructural presentes en la edificación información de la cual se basa nuestro análisis; como prueba del estudio al edificio se presenta una maqueta a escala 1:50 para evidenciar el comportamiento ante movimientos telúricos y a partir de allí revisar los puntos críticos que podría tener la construcción y solucionar las posibles fallas, dejándonos este proceso un aporte significativo a nuestro proceso de aprendizaje.

## **SISMOLOGÍA.**

### **CONCEPTO DE SISMO.**

Los sismos son perturbaciones súbitas en el interior de la tierra que dan origen a vibraciones o movimientos del suelo; la causa principal y responsable de la mayoría de los sismos (grandes o pequeños) es la ruptura y fractura de las rocas en las capas más externas de la corteza terrestre. (Universidad de mendosa, Estructuras y sismología)

En el interior de la tierra ocurre una fractura súbita cuando la energía acumulada excede la resistencia de las rocas. Al ocurrir la ruptura, se propagan (en el interior de la tierra) una serie de ondas sísmicas que al llegar a la superficie sentimos como un temblor. Generalmente, los sismos ocurren en zonas de debilidad de la corteza que conocen como fallas geológicas.

## **ONDAS SÍSMICAS**

En el caso de la tierra existen cuatro tipos de ondas sísmicas fundamentales, de las cuales dos son internas, es decir vibraciones que se dispersan en el interior de la tierra (como sólido elástico): longitudinales o de compresión y olas de corte o cizallamiento, y otras dos son externas: transferencias sísmica de Love y de Rayleigh. Las ondulaciones de compresión, llamadas P

En la terminología sismológica, comprimen y dilatan el medio donde se propagan en la dirección de avance del frente de ondas. Las ondas de sonido, por ejemplo, son ondas de compresión que se propagan en el aire. El segundo tipo de ondas que se propagan en sólidos son las ondas de corte, llamadas ondas S. En este caso la deformación que sufre el sólido es en dirección perpendicular a la trayectoria del frente de ondas. La propagación de estas ondas produce un esfuerzo cortante en el medio de donde se origina el nombre de ondas de corte o cizalla. (Universidad de mendosa, Estructuras y sismología)

## VELOCIDAD DE LAS ONDAS

Las ondas se generan por la presencia de superficies de discontinuidad ya que unos medios elásticos infinitos no podrían generarse. En general su existencia se explica considerando que la vibración del medio en lugares en los que existen menores tracciones, y esto sucede por la presencia del vacío o de un medio de menor rigidez, tiende a compensar la energía generando este tipo de vibraciones. La velocidad de propagación de las ondas en el interior de la tierra varía, dependiendo de la densidad y de las propiedades elásticas de las rocas. En piedras típicas de la corteza terrestre, las ondas P alcanzan los 15 km/seg, por ejemplo, en las rocas ígneas la velocidad de las ondas P es del orden de 6 km/seg, mientras que en pedrusco poco consolidados es de aproximadamente 2 km/seg o menor. Las ondas S viajan a una velocidad menor que las ondas p; la relación aproximada entre ambas es:  $V_p = 3 \times V_s$ . Como las ondas P viajan más rápido que las olas S, son registradas antes por los sismógrafos, por ello en sismología a las dispersiones de compresión se les llama ondas primarias (P) y a las frecuencias de corte, que son registradas más tarde, ondas secundarias (S). (Universidad de mendosa, Estructuras y sismología)

## NORMA SISMO RESISTENTE DE 2010 (NSR-10)

El diseño, construcción y supervisión de técnicas de edificios en el territorio de la republica colombiana que nos regimos a unas normas que toca cumplir y analizar para que el proyecto sea aprobado y pueda salir bien

La ley 400 de 1997  
La ley 1229 de 2008  
Norma sismo resistente de 2010

## Título A Requisitos

generales de diseño y construcción sismo resistente.

## Título C Concreto

Estructura.

## Título F Estructuras

Metálicas.

## Título H Estudios

Geotécnico.

## Título I Supervisión.

Técnica.

## Título J Requisitos

de protección contra el fuego en edificaciones.

## Título K Otros

requisitos complementarios.

## BD BACATÁ

El Bacatá es un proyecto que surge de la necesidad de revitalizar el centro de Bogotá junto con las actividades económicas, políticas y sociales que se han perdido en ese sector de la ciudad. Esta mega obra involucra un proceso de construcción de gran magnitud como una

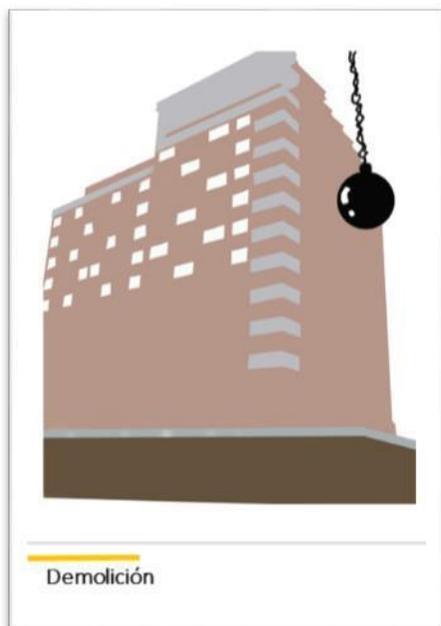
excavación de 60 metros de profundidad para la implantación de pilotes, siendo la más profunda de Colombia. Adicionalmente se cuenta con un sistema estructural de muros y columnas que darán forma a dos torres: la primera torre con 66 pisos y la segunda 53 pisos la cuales cuentan con diferentes usos. Finalmente, este proyecto se caracteriza por un factor sostenible que tiene en cuenta aspectos de; ahorro de energía por medio de luz natural; obtenido por una fachada flotante de vidrio, de igual manera un manejo de aguas lluvias por medios de techos verdes los cuales permitirán almacenar esta agua y albergar especie migratorias.

(Alonso y Balaguer (Diseño), Prabyc ingenieros (construcción), BD Bacatá inversionista)

## PROCESO CONSTRUCTIVO DE BD BACATÁ.

### DEMOLICIÓN

Haciendo uso de bobcats y tras un periodo trabajo de cuatro meses, se lleva a cabo el proceso de demolición del antiguo hotel Bacatá, icono hasta entonces representativo de la ciudad para dar paso al proyecto inmobiliario de mayor altura en el país. El BD Bacatá.



Fuente  
Sotelo, M. (2018)

## DESEMBARCO DE

### MAQUINARIA

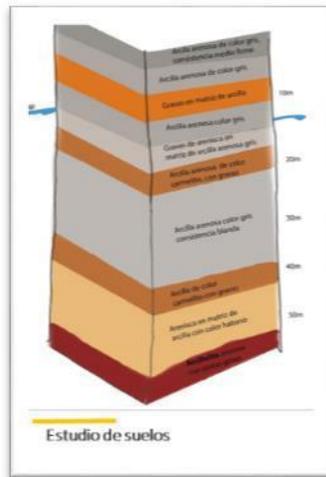
Es necesario traer al país la maquinaria necesaria para poder afrontar la magnitud del proyecto.

Desde maquinas apantalladoras y piloteadoras para los procesos estructurales y grúas auto-trepantes para el crecimiento en vertical en vertical y maquinas especializadas en la instalación de los ventanales son utilizados para el proceso constructivo.

### ESTUDIO DE SUELOS

Una vez culminado este proceso, se inició con un estudio de factibilidad donde se hizo un sondeo a más de 50 metros en donde se encontró un suelo con las siguientes características: arcilla arenosa gris, consistencia medio firme, arcilla arenosa gris, consistencia medio blanda, gravas en matriz en arcilla, en nivel freático a 12 metros, arcilla arenosa gris con gravas de arenisca de consistencia dura a blanda, gravas de areniscas en matriz de arcilla arenosa gris, arcilla arenosa color carmelito con gravas de consistencia duras, gravas en matriz arcilla arenosa gris consistencia blanda a dura, arcilla de color habano y arcillolita arenosa con pintas grises, la cual se

encuentra 60 metros de profundidad y es donde se van a soportar los pilotes que posteriormente sean construidos.



Fuente  
Sotelo, M. (2018)

## PLANTEAMIENTO ALTERNATIVO

Teniendo los resultados del análisis de suelos se plantean distintas alternativas para los procesos de contención del terreno en el que se va a llevar a cabo el proyecto y para el proceso de cimentación del mismo.

Contención:

- Pantallas con anclaje
- Pantallas perimetrales

Cimentación

- Caissons
- Placa mejorada
- Pilotes

## ALTERNATIVAS DE CONTENCIÓN

Las pantallas de anclaje sugeridas no pueden ser llevadas a cabo debido a que la profundidad a la que se realizan se cuenta con sótanos e instalaciones bajo tierra de los vecinos que colindan el proyecto.

Es debido a esto que decide llevar a cabo pantallas perimetrales de contención mediante maquinas apantalladoras y haciendo uso de estructuras internas de acomodamiento para controlar las fuerzas ejercidas por el terreno.

## ALTERNATIVAS DE CIMENTACIÓN

De las alternativas planteadas para la cimentación del proyecto se eligen los pilotes.

Si bien la cimentación con Caissons es popular entre proyectos de la zona, para el BD Bacatá significa grandes costos e inversión a nivel de mano de obra y material.

La placa mejorada por otra parte no fue recomendable debido a las altas excentricidades producidas por las alturas que maneja el edificio.



Fuente  
Sotelo, M. (2018)

## PANTALLAS DE CONFINAMIENTO

Primero se construyó una estructura de concreto fortificada o estructura de contención apantallada por el medio de una maquina pantalladora. Esta estructura se compone por cuatro pantallas entrelazadas que cubrirán todos los bordes de la excavación, funcionando como muro de contención y protegiendo estructuras vecinas. Para esto se necesitaron 87000 mts<sup>3</sup> de concreto, el cual llenaría aproximadamente 3 piscinas olímpicas.



Fuente  
Sotelo, M. (2018)

## PILOTES

Una vez fraguado el concreto de las pantallas, se empezó la construcción de los pilotes, los cuales están enterrados a 60 mts bajo el nivel de suelo y cuyo diámetro varía según la carga a los que están sometidos, estos pilotes llegan hasta la arcillolita con pintas grises, ya que este tipo de estructuras, además se encuentra fácilmente en este sector debido a la cercanía a los cerros.

## ANILLOS DE ACODALAMIENTO

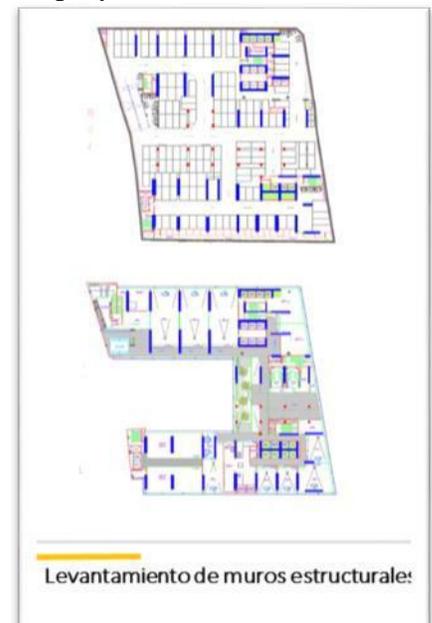
Al terminar el proceso de construcción de pilotes, se procedió a la excavación de los sótanos, la cual fue mediante la construcción de anillos de contención en concreto de alta resistencia, los cuales servían de complemento a las plantas previamente hechas, ya que, al quitar el suelo, se perdía el equilibrio acción-reacción, incrementando el empuje de los vecinos hacia la excavación. Este proceso se hace dejando un hueco en la mitad permitiendo que se pueda excavar sótano por sótano desde el nivel 0 hasta el 22.

## CONSTRUCCIÓN ENTREPISOS Y PARQUEADEROS

Una vez terminado esto se empieza el proceso de adecuación de los sótanos, construyendo las placas de entepiso y las columnas hasta llegar a la superficie, de esta forma se termina la fase inicial de construcción de sótanos para empezar ganar altura sobre el nivel del suelo.

## Levantamiento de muros estructurales y columnas.

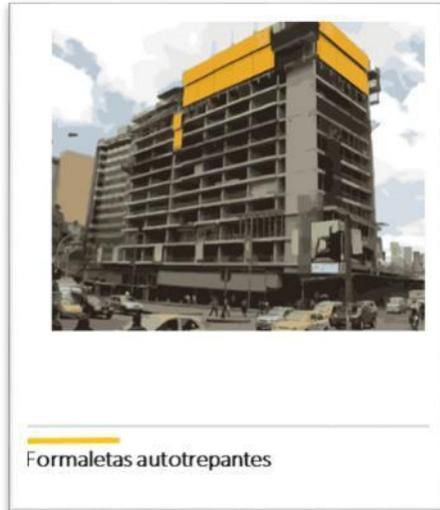
Como sistema estructural se utiliza un híbrido entre muros estructurales y pórticos para lograr una continuidad vertical desde los sótanos hasta los pisos superiores del proyecto.



Fuente  
Sotelo, M. (2018)

## FORMALETAS AUTO TREPANTES

Debido a que el proyecto necesita ser realizado con facilidad y rapidez, se han conseguido formaletas auto-trepantes para los procesos de fundición en altura. Mediante un apoyo en la placa inmediatamente anterior dichas formaletas logran ir subiendo en altura a medida que el proyecto lo hace también.



Fuente  
Sotelo, M. (2018)

## VENTANERÍA

La fachada se compone con piezas de ventanería importadas desde España. Dichas piezas cuentan con un doble acristalamiento y una cámara interna para facilitar el acondicionamiento acústico al interior de los espacios. Las persianas internas se manejan eléctricamente y facilitan la protección solar.

## CANTIDADES PROYECTADAS

Conforme el proyecto va creciendo de elementos construidos y mano de obra va llegando a: **850** obreros que se dividen en dos turnos laborales, para llegar a construir las **12.000** columnas y **8.000** placas de piso hasta llegar a los **66** pisos.

En total, está previsto utilizar alrededor de **56.000 m<sup>3</sup>** de concreto, **25.000 m<sup>2</sup>** de vidrio y **11.500 toneladas** de acero.

## Simulación sísmica de BD

Bacatá.

## MAQUETA

### ESTRUCTURAL

La maqueta se elaboró con valso, por requerimiento de la prueba de simulación y para dar importancia a los principales elementos estructurales como lo son los muros estructurales y las columnas.

superar el metro de altura, por consecuencia se optó por la escala 1:500, obteniendo como altura final 43 cm de altura.

Dando la representación a magnitudes y funcionamiento del edificio BD Bacatá.



*La maqueta fue creada a escala 1:50, con materiales de madera como se puede apreciar en la figura 1*

## PRUEBA DE SIMULACIÓN SÍSMICA

El principal objetivo de la simulación sísmica que le hicieron a la maqueta era para saber si la estructura soportaba sus diferentes simulaciones sísmicas nos dimos cuenta que en la parte de arriba que en los muros pantalla en los últimos pisos no tiene tanta resistencia como los tiene otros pisos. Ya que puede ser una debilidad de la estructura

### Resultados y conclusiones.

## MAQUETA ESTRUCTURAL

Al elaborar la maqueta en balsa y a escala 1:500 es posible evidenciar un comportamiento moderado de movimiento en la maqueta, teniendo como puntos críticos, la parte superior, donde su oscilación, es mucho más fuerte que en la base.

También es importante aclarar que al ser una escala tan pequeña no se generó ruptura ni fisura en la estructura. Ya que los materiales le ayudaban a dar mucha resistencia para que la maqueta no se callera con mucha facilidad.

## APORTES DEL PROYECTO

Al hacer la investigación del Bacatá nos dejó como enseñanza la magnitud que puede llegar a tener la construcción de un edificio, en donde se tiene en cuenta: los procesos constructivos, los sistemas que conforman el edificio, la sostenibilidad, la relación con la ciudad y las personas que participan en la realización de este diseño. Así mismo nos muestra un avance para la recuperación del centro de Bogotá que empezara a desarrollar proyectos de igual magnitud, los cuales trabajan con tecnología de punta y convenios con empresas extranjeras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*Prada, D. (2016). BD Bacatá, nuevo icono del paisaje urbano. Recuperado de <http://foro2016.360gradosenconcreto.com/Files/Memorias/Jueves/BDBacataNuevoIconoDelPaisajeUrbano.pdf>*

*Universidad de mendosa, UM. (2018). Estructuras / sismología .Recuperado*

*De*

*<http://www.um.edu.ar/um/fau/estructura5.old/SISMOLOGIA.htm>*

*Universidad de mendosa, UM. (2018). Sismología / sismología. Recuperado De*

*<http://www.um.edu.ar/um/fau/estructura5.old/SISMOLOGIA.htm>*