

**SUPERVISIÓN TÉCNICA EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE  
EDIFICACIÓN EN PROPIEDAD HORIZONTAL**

**PAOLA ANDREA RAMIREZ RIVERO**

**ID: 000272002**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**2019**

**SUPERVISIÓN TÉCNICA EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE  
EDIFICACIÓN EN PROPIEDAD HORIZONTAL**

**PAOLA ANDREA RAMIREZ RIVERO**

**ID: 000272002**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de:  
INGENIERA CIVIL**

**Docente supervisor**

**Msc. Aldemar Remolina Millan**

**Supervisor de práctica**



**Ing. Edwin Angarita Muñoz**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**2019**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado 1**

---

**Jurado 2**

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente gracias a Dios por iluminarme con el conocimiento y la perseverancia durante mi vida universitaria.

Gracias infinitas a mis padres quienes han sido mi apoyo incondicional, mi guía y mi fortaleza, gracias por confiar siempre en mí, por apoyarme en mi sueño de ser ingeniera civil y permitirme hacerlos sentir muy orgullosos de mis logros, que también son sus logros. Mi mamá quien madrugó cada día y traspasó cada noche junto a mí. Mi papá quien siempre me impulsó a seguir, aunque la situación estuviera difícil y todo pareciera imposible.

Gracias a la Constructora Innova S.A.S. por abrirme sus puertas, por confiar en mis capacidades, por enseñarme con paciencia y amabilidad. Gracias por permitirme continuar con ustedes como una pieza fundamental de su organización luego de finalizar mis prácticas empresariales.

Gracias a Msc. Aldemar Remolina Millán por sus enseñanzas, por su amabilidad, por hacer posible que aprovechara y aprendiera durante cada segundo en mis prácticas empresariales, sembrando en mí conocimientos y dudas por resolver acerca de cada aspecto nuevo.

Gracias a mis compañeros que estuvieron conmigo desde primer semestre, quienes ahora en el fin son mis amigos y colegas.

Finalmente, gracias a Dios una vez más y gracias a la vida por ser quien soy.

## TABLA DE CONTENIDO

2.	OBJETIVOS.....	1
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	1
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	1
3.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	2
3.1	CONSTRUCTORA INNOVA.....	2
3.2	MISIÓN.....	2
3.3	VISIÓN .....	2
3.4	OBJETIVOS EMPRESARIALES .....	2
3.5	ORGANIGRAMA EMPRESARIAL.....	2
3.6	RECONOCIMIENTOS.....	3
4.	PROYECTOS EJECUTADOS .....	4
5.	MARCO NORMATIVO.....	10
5.1	LEY 842 DE 2003 – CODIGO DE ETICA PROFESIONAL .....	10
5.2	LEY 1796 DE 2016 – LEY DE VIVIENDA SEGURA .....	10
5.3	DECRETO 1072 DE 2015 – SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	10
5.4	LEY 400 DE 1997 – CONSTRUCCIONES SISMORESISTENTES.....	11
6.	DEFINICIONES .....	11
7.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	12
7.1	MILLENNIUM BUSINESS TOWER .....	12
8.	CONCRETO DE CIMENTACIÓN .....	14
8.1	CIMENTACIÓN .....	14
8.2	FUNDIDA DE CIMENTACIÓN.....	17
8.3	CONCRETO MASIVO .....	21
8.3.1	Sistemas de enfriamiento.....	22
8.3.2	Cuidados .....	22
9.	CONCRETO DE COLUMNAS .....	22
9.1	REPARACIÓN DE COLUMNAS.....	25
9.1.1	Métodos de inyección de las fisuras en concreto .....	28
9.2	PRUEBAS DE ULTRASONIDO.....	28
9.2.1	Ensayo de pulso ultrasónico .....	28
9.2.2	Ventajas .....	29
9.2.3	Descripción del método.....	29
9.2.4	Aplicación en campo .....	29

10.	PEDIDOS DE HIERRO .....	33
10.1	Cantidades de hierro .....	34
10.2	Órdenes de compra.....	35
10.3	Cartilla de hierro .....	35
11.	SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO .....	37
11.1	Entrega de elementos de protección personal .....	37
11.2	Verificación de condiciones de seguridad .....	37
12.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	43
	ANEXO 1. COSTO CONSTRUCCIÓN DE COLUMNAS.....	45
	ANEXO 2. COSTO REPARACIÓN DE COLUMNAS .....	46

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Logo INNOVA S.A.S .....	2
Figura 2. Organigrama Constructora Innova .....	3
Figura 3. Planta tipo apartamento .....	13
Figura 4. Zona social Millennium.....	13
Figura 5. Planta de cimentación .....	15
Figura 6. Etapa 1 de cimentación.....	16
Figura 7. Etapa 1 de cimentación fundida .....	17
Figura 8. Vigas de cimentación .....	17
Figura 9. Columnas de arranque.....	18
Figura 10. Señalización calle 36.....	19
Figura 11. Desplafone cimentación .....	20
Figura 12. Formaleta cimentación.....	20
Figura 13. Ubicación mixer.....	21
Figura 14. Denominación de placas en corte .....	22
Figura 15. Denominación de placas en planta .....	23
Figura 16. Columnas cimentación adelante .....	24
Figura 17. Columnas con daños.....	24
Figura 18. Descacilada superficie de columna .....	25
Figura 19. Colocación de boquillas .....	26
Figura 20. Inyección a presión .....	26
Figura 21. Comparación de columnas.....	27
Figura 22. Método ultrasónico .....	29
Figura 23. Pruebas ultrasonido Columna G2 .....	30
Figura 24. Pruebas ultrasonido columna F1.....	31
Figura 25. Pruebas de ultrasonido columna E1 .....	32
Figura 26. Orden de compra hierro recto .....	35
Figura 27. Cartilla hierro recto .....	35
Figura 28. Orden de compra hierro figurado .....	36
Figura 29. Cartilla hierro figurado .....	36
Figura 30. Pedido de elementos de protección personal .....	37
Figura 31. Uso de EPP.....	38
Figura 32. Uso de EPC .....	38
Figura 33. Protección de escaleras .....	39
Figura 34. Señalización de vacíos.....	39
Figura 35. Orden y aseo en obra.....	40

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Proyecto Venecia Imperial.....	4
Tabla 2. Proyecto Santorini Condominio I .....	5
Tabla 3. Proyecto Santorini Condominio II .....	5
Tabla 4. Proyecto la Torre Montecarlo .....	6
Tabla 5. Proyecto Piazza Verona .....	6
Tabla 6. Proyecto Platinium.....	7
Tabla 7. Proyecto Palladium Condominio .....	7
Tabla 8. Proyecto Emporium Condominio Palace .....	8
Tabla 9. Proyecto Premium Gold .....	8
Tabla 10. Proyecto Millennium Business Tower .....	9
Tabla 11. Ficha técnica Millennium Business Tower.....	12
Tabla 12. Dimensiones zapatas .....	14
Tabla 13. Pedido concreto columnas cimentación adelante .....	23
Tabla 14. Sobrecosto de columnas .....	27
Tabla 15. Toma de datos Prueba Ultrasonido G2 .....	30
Tabla 16. Toma de datos prueba de ultrasonido F1 .....	31
Tabla 17. Pruebas de ultrasonido columna E1 .....	32
Tabla 18. Resumen resultados PUV .....	33
Tabla 19. Procedimiento de pedidos de hierro .....	33
Tabla 20. Cantidades hierro recto .....	34

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** SUPERVISIÓN TÉCNICA EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE EDIFICACIÓN EN PROPIEDAD HORIZONTAL

**AUTOR(ES):** PAOLA ANDREA RAMIREZ RIVERO

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR(A):** Msc. Aldemar Remolina Millán

### **RESUMEN**

En este documento se plasma el desarrollo de las prácticas empresariales como modalidad de trabajo de grado, para optar al título de Ingeniera Civil. Esta modalidad se desarrolló en la CONSTRUCTORA INNOVA S.A.S. Con el objetivo de supervisar el desarrollo técnico y realizar el control de los procesos constructivos, en las fases de cimentación y estructura del proyecto Millennium Business Tower, desempeñando roles propios de un auxiliar de residencia en obra. En concordancia con esto, se desarrollaron actividades de: cálculo de cantidades de hierro y concreto, cálculo de suministros varios en obra, realización de pedidos de hierro, concreto y elementos de protección personal. Por otro lado, se realizaron controles en obra para el desarrollo de los procesos constructivos, solución de imprevistos y verificación de condiciones de seguridad y salud en obra. Para finalizar, se encuentran las conclusiones obtenidas durante todo el proceso de la práctica y las cuales aportan satisfactoriamente al crecimiento profesional.

### **PALABRAS CLAVE:**

Supervisión, Control, Proceso, Concreto, Hierro, Seguridad

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## **GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

**TITLE:** TECHNICAL SUPERVISION IN BUILDING  
CONSTRUCTION PROCESSES IN HORIZONTAL  
PROPERTY

**AUTHOR(S):** PAOLA ANDREA RAMIREZ RIVERO

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** Msc. Aldemar Remolina Millán

### **ABSTRACT**

This document reflects the development of business practices as a work modality of degree, to qualify for the title of Civil Engineer. This modality was developed in CONSTRUCTORA INNOVA S.A.S. With the objective of supervising the technical development and control of the construction processes, in the foundations and structure phases of the Millennium Business Tower project, playing the roles of a resident assistant in the work. In accordance with this, activities will be developed, such as: calculation of quantities of iron and concrete, calculation of various supplies on site, ordering of iron, concrete and personal protection elements. On the other hand, on-site controls were carried out to develop the construction processes, the solution of contingencies and the verification of the conditions of security and health in the work. Finally, there are the conclusions obtained during the whole process of the practice, which contribute satisfactorily to the professional growth.

### **KEYWORDS:**

supervision, control, process, concrete, steel, security

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se muestra el desarrollo de la práctica empresarial como modalidad de trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Las practica empresarial es una de las metodologías que ofrece la Universidad Pontificia Bolivariana como trabajo de grado, en esta, se prueba el conocimiento del estudiante impartido durante toda su carrera universitaria, reforzando sus conocimientos y permitiendo que empiece adquirir experiencia en su futura profesión, logrando mejorar su asertividad en la toma de decisiones y desarrollando ideas creativas y certeras.

Millennium Business Tower es un Proyecto creado y desarrollado por CONSTRUCTORA INNOVA S.A.S, es aquí donde se realizaron las prácticas empresariales con una duración de 6 meses. Las cuales consistieron en desarrollar labores propias de un auxiliar de residencia, desarrollando supervisión técnica, realizando verificación y control de los procesos constructivos en propiedad de vivienda horizontal.

El proceso estuvo dividido en 2 etapas de la obra, cimentación y estructura. Para la cimentación y posteriormente la estructura, la practicante realizó pedidos de hierro recto y/o hierro figurado de acuerdo con las especificaciones de los planos, la programación de la obra y la supervisión del ingeniero residente del proyecto. Seguido de esto, verificó que el desarrollo de la obra fuese de acuerdo con lo requerido por la normatividad vigente y lo planeado. Por último, realizó cálculos de cantidades de concreto a usar para fundir los elementos anteriormente armados y verificados. En simultanea durante estas dos etapas, la practicante estuvo encargada del control de personal en la obra, programaciones de trabajo, programaciones de realización y recibos de pedidos, control de seguridad y salud en el trabajo.

Finalmente, la práctica empresarial fue un espacio óptimo para lograr alinear los conocimientos aprendidos con la aplicación de los mismos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Supervisar el desarrollo técnico, verificación y control en proyecto de construcción en propiedad horizontal, desempeñando roles propios de un auxiliar de residencia en obra.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar cálculos de cantidades de acero, pedidos de concreto y materiales para las actividades programadas en obra.
- Verificar el desarrollo de los procesos constructivos requeridos, desarrollando control y supervisión técnica.
- Verificar el cumplimiento de las normas de seguridad industrial y salud ocupacional en el personal que desarrolla labores en obra, así como los visitantes.

### **3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

#### **3.1 CONSTRUCTORA INNOVA**

*Figura 1. Logo INNOVA S.A.S*



*Fuente: Constructora Innova S.A.S.*

La constructora INNOVA S.A.S es una empresa conformada en sociedad por Jhon Corzo y Karina Albino, quienes se dedican a crear, desarrollar y comercializar proyectos de construcción, con el compromiso de satisfacer las necesidades de sus clientes generando bienestar y calidad de vida.

Durante casi 10 años han dirigido sus servicios a todos los estratos económicos, desarrollando proyectos de vivienda brindando confort, y cumpliendo con los más altos estándares de calidad, normas técnicas y especificaciones técnicas.

#### **3.2 MISIÓN**

Somos una empresa constructora dedicada a crear, desarrollar y comercializar proyectos de construcción, Se trabaja con el compromiso de satisfacer las necesidades de nuestros clientes generando bienestar y calidad de vida. Contamos con gente exitosa comprometida con la filosofía de aportar al desarrollo social, dentro de altos estándares de productividad y calidad. [1]

#### **3.3 VISIÓN**

Ser la empresa constructora más grande de Santander, consolidada y reconocida por ser una organización confiable y honesta, con proyectos de excelente calidad, mejorando continuamente los procesos y fortaleciendo la competencia del equipo humano. [1]

#### **3.4 OBJETIVOS EMPRESARIALES**

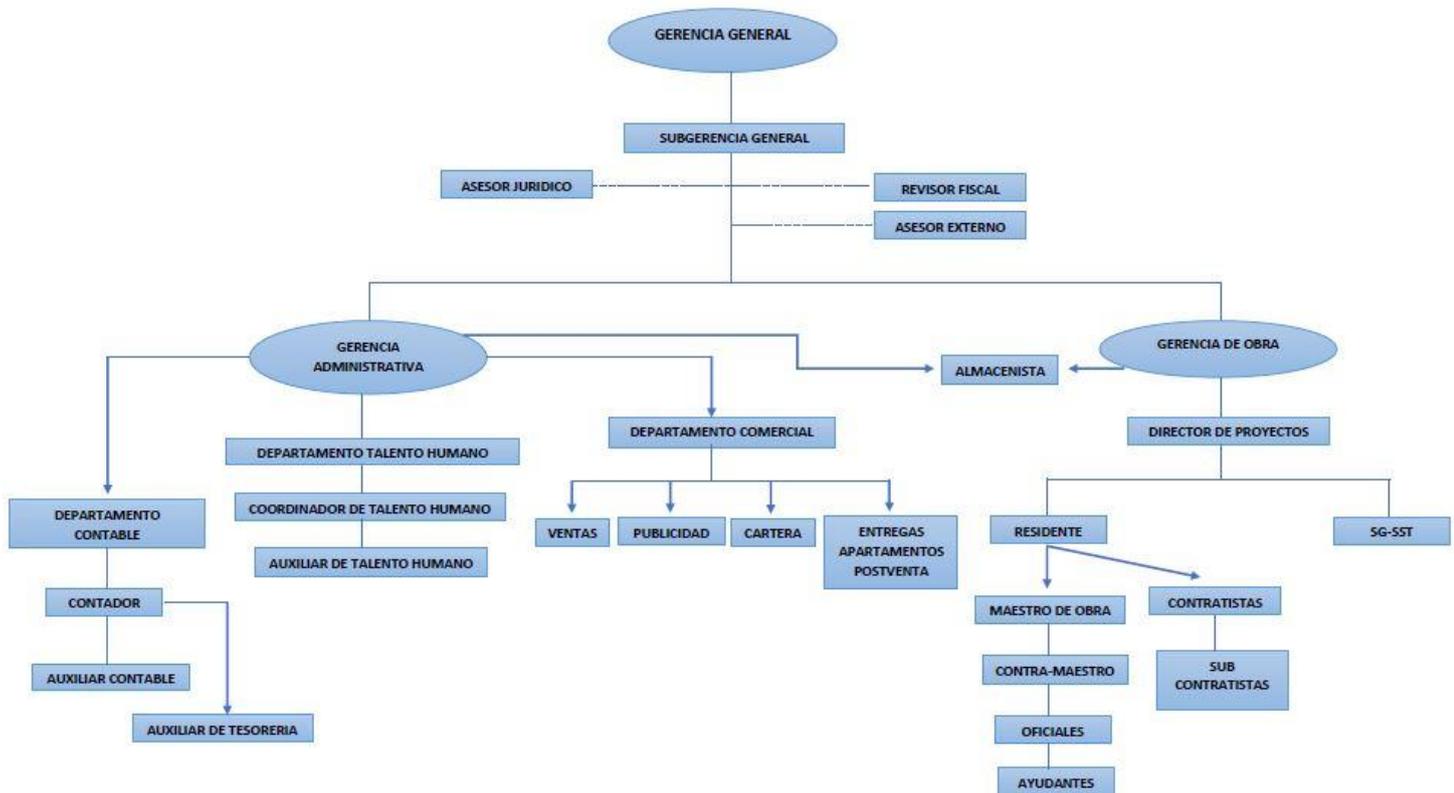
- Atraer a nuestros clientes, cumpliendo con sus requisitos, aumentando su nivel de satisfacción, superando sus necesidades y expectativas con la calidad de nuestros productos y servicios.
- Mejorar continuamente nuestros productos y servicios con la ayuda un equipo de trabajo comprometido.
- Capacitar nuestros colaboradores, Aumentando su nivel de competencia y compromiso.

#### **3.5 ORGANIGRAMA EMPRESARIAL**

Hace mas de 10 años en la ciudad de Bucaramanga se creo la constructora Innova, una idea emprendedora que nació del pensamiento de Karina Albino y

Jhon Corzo, quienes con el transcurso del tiempo lograron aumentar su capacidad de construcción creando proyectos cada vez más complejos, a raíz de esto nace la necesidad de contar con personal eficiente y eficaz que sean capaces de afrontar cualquier reto que la constructora se proponga. Innova se ha caracterizado por formar un equipo de trabajo organizado y sólido, tal como se muestra en la figura 2. [2]

Figura 2. Organigrama Constructora Innova



Fuente: Constructora Innova S.A.S

### 3.6 RECONOCIMIENTOS

Dentro de los logros y satisfacciones obtenidos por la empresa vale la pena destacar el Premio Internacional a la Calidad en la Categoría ORO en Paris en evento organizado por la Compañía Business Initiative Direcciones (BID) que desde hace 23 años otorga distinciones a empresa grandes y pequeñas de 178 países, referidos a la iniciativa líder empresarial en materia de calidad, satisfacción al cliente, recursos humanos, responsabilidad social empresarial y medio ambiente.

El premio fue otorgado el 21 de Junio de 2014 en el salón Concorde del Palacio de Congresos de Paris, ante numerosas autoridades del mundo Empresarial y Diplomático.

“Este es el Oscar del Mundo Empresarial” destacó el presidente del BID José Prieto. Entre los galardonado se encontraba la Cadena de Hoteles Sheraton, así como una empresa dedicada al diseño de plataformas para el lanzamiento de satélites, la constructora de Estados Unidos que construye en Dubái la torre más alta del mundo, y una importante empresa china dedicada al desarrollo de

tecnología espacial, además de 74 empresas más, de diferentes partes del mundo. [3]

#### 4. PROYECTOS EJECUTADOS

Innova durante su trayectoria empresarial ha puesto en marcha 10 proyectos con diferentes especificaciones, en diferentes zonas de la ciudad de Bucaramanga, y han logrado hacer de cada uno de ellos un icono.

*Tabla 1. Proyecto Venecia Imperial*

Nombre	Venecia Imperial [4]
Tipo de proyecto	Vivienda multifamiliar
Localización	carrera 29 No. 13A-21 Barrio San Alonso
Estrato	4
Fecha de entrega	2008 y 2009
Descripción del proyecto	Edificio de 5 pisos que cuenta con 1 local comercial y 14 apartamentos totalmente terminados, cada apartamento consta de 2 y 3 alcobas
Imagen	

*Tabla 2. Proyecto Santorini Condominio I*

Nombre	Santorini Condominio I [5]
Tipo de proyecto	Vivienda Multifamiliar
Localización	calle 19 No. 32-45 Barrio San Alonso
Estrato	4
Fecha de entrega	2009 y 2010
Descripción del proyecto	Edificio de 7 pisos que cuenta con 27 apartamentos de 2 y 3 alcobas, salón social, jacuzzi, sauna, zona de esparcimiento, BBQ y gimnasio.
Imagen	

*Tabla 3. Proyecto Santorini Condominio II*

Nombre	Santorini Condominio II [6]
Tipo de proyecto	Vivienda multifamiliar
Localización	Calle 19 No, 32-59 Barrio San Alonso
Fecha de entrega	2010 y 2011
Estrato	4
Descripción del proyecto	Edificio de 10 pisos que cuenta con 39 apartamentos de 1, 2 y 3 alcobas. Dentro de sus áreas comunes está el salón social, jacuzzi, zona de esparcimiento, parqueadero privado.
Imagen	

Tabla 4. Proyecto la Torre Montecarlo

Nombre	Latorre Montecarlo [7]
Tipo de proyecto	Vivienda multifamiliar
Localización	Calle 20 No. 32A-59 San Alonso
Fecha de entrega	2013
Estrato	4
Descripción del proyecto	La primera etapa está ubicada en la Calle 20 No. 32A-59 es un edificio con 47 apartamentos y la segunda etapa se encuentra en la calle 20 No. 32A-81 cuenta con 24 apartamentos. Tiene salón social, sus apartamentos constan de 1, 2 y 3 alcobas.
Imagen	

Tabla 5. Proyecto Piazza Verona

Nombre	Piazza Verona [8]
Tipo de proyecto	Vivienda multifamiliar
Localización	calle 20 No. 32A-41 Barrio San Alonso
Fecha de entrega	2013 y 2014
Estrato	4
Descripción del proyecto	Edificio de 14 pisos con 78 apartamentos 1, 2 y 3 alcobas, cuenta con un salón social, ascensor, piscinas, sauna y BBQ, gimnasio y parqueadero privado. Piazza Verona se exhibe como una de las obras más importante y ambiciosa en el sector de San Alonso.
Imagen	

Tabla 6. Proyecto Platinum

Nombre	Platinum Condominio [9]
Tipo de proyecto	Vivienda multifamiliar
Localización	Etapa 1: calle 20 No. 30-35 Barrio San Alonso Etapa 2: calle 20 No. 30-27 Barrio San Alonso
Fecha de entrega	2014 y 2015
Estrato	4
Descripción del proyecto	Etapa 1: Edificio de 79 apartamentos, 1, 2 y 3 alcobas, 2 locales comerciales, salón social y piscina. Etapa 2: Edificio de 81 apartamentos, 2 locales comerciales. Se pueden encontrar tres tipos de apartamentos, con zona común que consta de salón social, piscina, sauna, BBQ.
Imagen	

Tabla 7. Proyecto Palladium Condominio

Nombre	Palladium Condominio [10]
Tipo de proyecto	Vivienda multifamiliar
Localización	calle 19 No. 31-45 Barrio San Alonso
Estrato	4
Fecha de entrega	2017
Descripción del proyecto	Edificio de 15 pisos, cuenta con apartamentos de 1, 2 y 3 alcobas, una zona social amplia con sauna y BBQ, cancha sintética, gimnasio dotado, parqueadero por apartamento.
Imagen	

Tabla 8. Proyecto Emporium Condominio Palace

Nombre	Emporium Condominio Palace [11]
Tipo de proyecto	Vivienda multifamiliar
Localización	calle 20 No. 28-21 Barrio San Alonso
Estrato	4
Fecha de entrega	2018
Descripción del proyecto	Edificio con 80 apartamentos y 2 locales comerciales. Es un edificio de 25 pisos y cuenta con salón social y piscinas, turco y BBQ, sala de cine, gimnasio dotado, juegos para niños, parqueaderos.
Imagen	 The image shows the logo for 'EMPORIUM' on the left, which consists of a golden crown-like emblem above the word 'EMPORIUM' in a serif font. To the right of the logo is a 3D architectural rendering of a modern, multi-story apartment building with a glass facade and balconies, set against a blue sky with clouds.

Tabla 9. Proyecto Premium Gold

Nombre	Premium Gold [12]
Tipo de proyecto	Vivienda multifamiliar
Localización	calle 18 No. 29-22 barrio San Alonso
Fecha de entrega	2019
Estrato	4
Descripción del proyecto	Edificio de 25 pisos y 100 apartamentos. Tiene cuatro tipos de apartamentos de 60 metros, 62 metros, 70 metros y 83 metros. Además cuenta con piscina para adultos, piscina para niños, turco, BBQ, salón social, cancha sintética, gimnasio dotado, juegos para niños, parqueadero por apartamento.
Imagen	 The image shows the logo for 'PREMIUM GOLD' on the left, featuring a circular emblem with 'PG' inside, surrounded by the words 'PREMIUM GOLD' and decorative flourishes. To the right is a 3D architectural rendering of a tall, modern apartment building with a glass facade and balconies, set against a blue sky with clouds.

Tabla 10. Proyecto Millennium Business Tower

Nombre	Millennium Business Tower [13]
Tipo de proyecto	Vivienda multifamiliar
Localización	calle 36 No. 27-45 Barrio Mejoras Públicas
Fecha de entrega	2020
Descripción del proyecto	Edificio de 28 pisos, 162 apartamentos y 61 oficinas. Cuenta con piscina mediterránea, piscina para niños, solarium, sauna, turco, BBQ, salón social, cancha sintética, gimnasio dotado, juegos para niños, sala de cine, parqueadero por apartamento. Están totalmente terminados y con la posibilidad de personalizar.
Imagen	 <p>The image block contains two parts. On the left is a black vertical rectangle with a white circular logo containing the letter 'M'. Below the logo, the word 'MILLENNIUM' is written in white capital letters, and 'BUSINESS TOWER' is written in smaller white capital letters below it. On the right is a photograph of a tall, modern multi-story building with a mix of brown, white, and dark grey facades. The building has a large 'M' logo on its top section. The background shows a clear blue sky and some distant hills.</p>

## **5. MARCO NORMATIVO**

### **5.1 LEY 842 DE 2003 – CODIGO DE ETICA PROFESIONAL**

“Por la cual se modifica la reglamentación del ejercicio de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares, se adopta el Código de Ética Profesional y se dictan otras disposiciones” [14]

La ley 842 del 09 de Octubre de 2003, entro en vigencia en Colombia el 14 de Octubre de 2003 y fue anunciada en el diario oficial. Está contiene en V títulos toda la reglamentación para el ejercicio de la profesión de ingeniería y sus profesiones afines y auxiliares, por esto, constituye el Código de Etica profesional de Ingeniero.

### **5.2 LEY 1796 DE 2016 – LEY DE VIVIENDA SEGURA**

“Por la cual se establecen medidas enfocadas a la protección del comprador de vivienda, el incremento de la seguridad de las edificaciones y el fortalecimiento de la función publica que ejercen los curadores urbanos, se asignan unas funciones a la superintendencia de notariado y registro, y se dictan otras disposiciones”. [15]

Esta ley fue creada luego del derrumbe de una de las torres del edificio Space en la ciudad de Medellín, esta ley busca intensificar los requisitos para la construcción de vivienda nueva y aumentó el espectro de responsabilidad del constructor.

Es de vital importancia contemplar que, cuando una edificación cuyos predios permitan superar mas de 2000 metros cuadrados de área construida deberá ser inspeccionada por un supervisor técnico independiente, quien se encargará de vigilar que la construcción sea desarrollada a conformidad con los requisitos técnicos definidos en los documentos del proyecto, y los requisitos legales frente a la construcción de edificaciones sismo resistentes. [16]

### **5.3 DECRETO 1072 DE 2015 – SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

Mediante el cual se establece que, antes de empezar la obra el empleador debe establecer un balance de riesgos en donde se contemple cualquier peligro de accidente o de posible adquisición de enfermedad, y seguido de estos plantear las soluciones para minimizar dicho riesgo. Dejando por escrito las políticas a establecer en lo referente a salud ocupacional y objetivos de estas, para ser divulgadas entre todos los miembros de la obra. Así mismo, establecer responsabilidades dentro del equipo encargado de velar por la seguridad de los empleados, quien deberá realizar revisiones periódicas donde se deje por escrito los balances por periodo de tiempo de la implementación del sistema de seguridad.

De igual forma, es primordial asignar los recursos adecuados para que el sistema de seguridad funcione, en implementos de seguridad, cascos, botas, guantes, redes contra caídas, arneses de seguridad, entre otros. Se deberá realizar un manual de buenas prácticas donde se especifique la correcta utilización de las diferentes herramientas de trabajo, así como el correcto proceder en las

diferentes actividades de la obra. [17]

#### **5.4 LEY 400 DE 1997 – CONSTRUCCIONES SISMORESISTENTES**

Se establecen criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones nuevas. Además, señala los requisitos de idoneidad para el ejercicio de las profesiones relacionadas con su objeto y define las responsabilidades de quienes la ejercen. [18]

A raíz de esta ley se dio origen a la normatividad mas importante de la construcción en Colombia, Norma Sismoresistente 2010 NSR-10.

### **6. DEFINICIONES**

- Acabados o elementos no estructurales: Partes y componentes de una edificación que no pertenecen a la estructura o a su cimentación.
- Amenaza sísmica: Valor de futuras acciones sísmicas en el sitio de interés y que se cuantifica en términos de una aceleración horizontal del terreno, que tiene una probabilidad de excedencia en un lapso de tiempo predeterminado.
- Carga muerta: Es la carga vertical debida al peso de todos los elementos permanentes, ya sean estructurales o no estructurales.
- Carga viva: Es la carga debida al uso de la estructura, sin incluir la carga muerta, fuerza de viento o sismo.
- Construcción sismo resistente: Es el tipo de construcción que cumple con el objeto de la Ley 400 de 1997, a través de un diseño y una construcción que se ajusta a los parámetros establecidos en ella y en la NSR-10.
- Diseñador arquitectónico: Es el arquitecto bajo cuya responsabilidad se realizan el diseño y los planos arquitectónicos de la edificación y quien los firma.
- Diseñador estructural: Es el ingeniero civil, facultado para este fin, bajo cuya responsabilidad se realizan el diseño y los planos estructurales de la edificación.
- Estructura: Es un ensamblaje de elementos, diseñado para soportar las cargas gravitacionales y resistir las fuerzas horizontales.
- Fuerzas sísmicas: son los efectos inerciales causados por la aceleración del sismo, expresados como fuerzas para ser utilizadas en el análisis y diseño de la estructura.
- Interacción suelo-estructura: Es el efecto que tienen en la respuesta estática y dinámica de la estructura las propiedades del suelo que da apoyo a la edificación, sumado a las propiedades de rigidez de la cimentación y de la estructura.
- Interventor: Es el profesional, ingeniero civil o arquitecto, que representa al propietario durante la construcción de la edificación, bajo cuya responsabilidad se verifica que esta se adelante en acuerdo con las reglamentaciones correspondientes, siguiendo los planos, diseños y especificaciones realizados por los diseñadores.
- Supervisión técnica: Se entiende por supervisión técnica la verificación de la sujeción de la construcción de la estructura de la edificación a los planos, diseños y especificaciones realizadas por el diseñador estructural. Así mismo, que los elementos no estructurales se construyan siguiendo

los planos, diseños y especificaciones realizadas por el diseñador de los elementos no estructurales, de acuerdo con el grado de desempeño sísmico requerido. [19]

## 7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 7.1 MILLENNIUM BUSINESS TOWER

*Tabla 11. Ficha técnica Millennium Business Tower*

Nombre del proyecto	Millennium Business Tower
Tipo de proyecto	Comercial y vivienda multifamiliar
Localización	Calle 36 No. 27-45 Mejoras Publicas
Unidad ejecutora	Constructora Innova s.a.s
Área construida	35 188.04 m <sup>2</sup>
Sistema constructivo	Sistema tradicional, Pórtico
Presupuesto del proyecto	\$38'799.548.852
Fecha de inicio	Enero de 2018
Fecha de entrega	Junio de 2020
Precio de venta oficinas (m <sup>2</sup> )	4'800.000
Precio de venta apartamentos	\$316'000.000



Millennium Business está ubicado en la calle 36 No. 27-45 Barrio Mejoras Públicas. Es un edificio de 28 pisos, 162 apartamentos y 61 oficinas de 40,42 y 44 m<sup>2</sup>. Cuenta con piscina mediterránea, piscina para niños, solarium, sauna, turco, BBQ, salón social, cancha sintética, gimnasio dotado, juegos para niños, sala de cine, parqueadero por apartamento. Están totalmente terminados y con la posibilidad de personalizar.

*Figura 3. Planta tipo apartamento*



*Fuente: Constructora Innova*

En la figura 3, se puede observar la planta tipo de los apartamentos que estarán construidos en Millennium Business Tower, estos constan de 85 m<sup>2</sup> totalmente terminados y con posibilidad de realizar modificaciones a los diseños no estructurales del mismo. El apartamento está conformado por cocina, zona de ropas, sala, comedor, mirador, alcoba principal con baño privado, 2 alcobas auxiliares, espacio para estudio y baño auxiliar.

*Figura 4. Zona social Millennium*



En la figura 4, se muestra la zona social proyectada para Millennium Business Tower, esta constará de la piscina mediterránea, piscina para niños, solárium, sauna, turco, bbq, salón social, cancha sintética, gimnasio dotado, juegos para niños, sala de cine y un parqueadero por apartamento.

## 8. CONCRETO DE CIMENTACIÓN

### 8.1 CIMENTACIÓN

La cimentación de Millennium está conformada por dos placas macizas de cimentación, denominadas, Placa de cimentación 1 ubicada entre los ejes 2-3-4 con longitud de 48.4 m y ancho de 15.75 m; por otro lado, se encuentra la Placa de cimentación 2 ubicada entre las pantallas ancladas del muro de calle 36 y el eje 1, con longitud de 48.4 m y ancho de 5.2 m, tal como se muestra en la figura 5. Planta de cimentación.

Además, la cimentación está compuesta por 5 zapatas aisladas concéntricas y 9 zapatas aisladas corridas. Las dimensiones de estas se encuentran en la tabla 12.

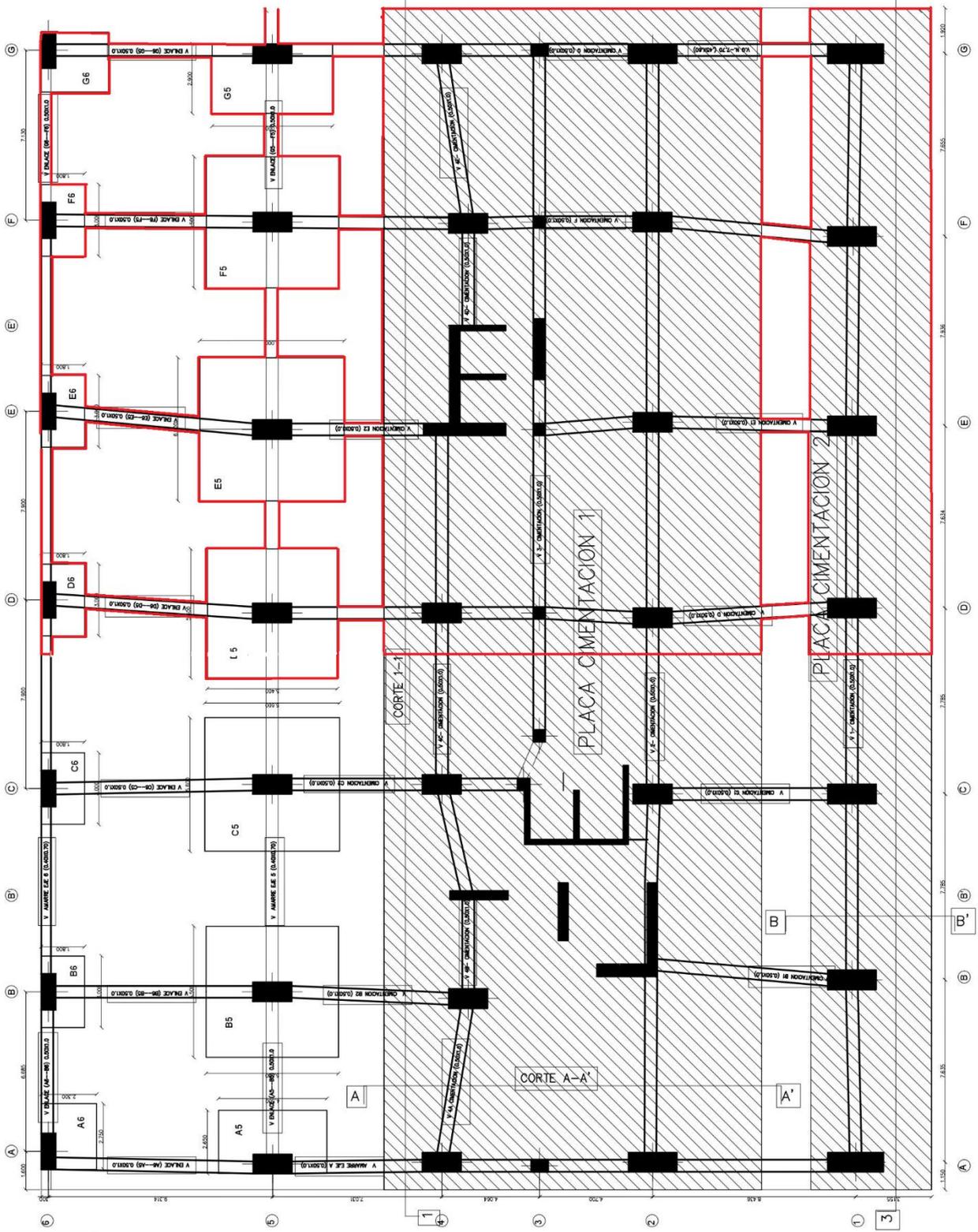
*Tabla 12. Dimensiones zapatas*

<b>Denominación zapata</b>	<b>Largo (m) EJE Y</b>	<b>Ancho (m) EJE X</b>
Zapata G5	2.9	5.0
Zapata G6	2.8	3.5
Zapata F6	3.0	1.8
Zapata E6	3.0	1.8
Zapata D6	3.0	1.8
Zapata C6	3.0	1.8
Zapata B6	3.0	1.8
Zapata A6	2.75	2.3
Zapata A5	2.65	4.5

Para fundir los elementos estructurales de la cimentación el ingeniero estructural y el ingeniero director de obra decidieron que está se fundiría en 2 etapas, ya que la cantidad de concreto a utilizar estaría próxima a los 2200 m<sup>3</sup> con resistencia de 5000 psi y no cuentan con una planta de concreto que lograra proveer esta cantidad de hormigón para una sola fundida. Entonces, la primera etapa de cimentación que se fundió estuvo compuesta por las placas de cimentación 1 y 2 hasta un largo de 27.7 m en la parte superior y 26.40 m en la parte inferior, garantizando un ángulo de 45° para el corte del concreto. Así mismo, la etapa 1 estuvo compuesta por las vigas de cimentación G, F, E & D en el sentido X, y las vigas de cimentación 1,2,3,4, viga de amarre 5 y viga de amarre 6 en el sentido Y, hasta un largo de 27.7 m. Para la etapa 1 de fundición se usaron 1271 m<sup>3</sup> de concreto de 5000 psi.

En la figura 5, se encuentra señalizada con color rojo la etapa de cimentación 1.

Figura 5. Planta de cimentación



Fuente: Constructora Innova

*Figura 6. Etapa 1 de cimentación*



*Fuente: Autor*

En la figura 6 se presenta la etapa de cimentación 1 que fue fundida el 25 de agosto de 2018, con hora de inicio a las 5:00 am y hora de finalización 10:00 am del día 26 de agosto de 2018. Tras 29 horas de trabajo en conjunto con 3 ingenieros residentes, 20 ayudantes, 4 oficiales, 2 maestros, 4 bomberos, 3 bombas estacionarias, y 20 mixer, se culminó la fundida de etapa 1 de cimentación, dando como resultado lo presentado en la figura 7.

*Figura 7. Etapa 1 de cimentación fundida*



*Fuente: Autor*

## **8.2 FUNDIDA DE CIMENTACIÓN**

En la figura 8 se observa la magnitud de las vigas de cimentación las cuales en su mayoría fueron de sección de 2.20 x 0.70 m.

*Figura 8. Vigas de cimentación*



*Fuente: Autor*

En la figura 9, se observan las columnas de arranque de la cimentación las cuales en su mayoría son de sección de 1.60 m x 0.80 m.

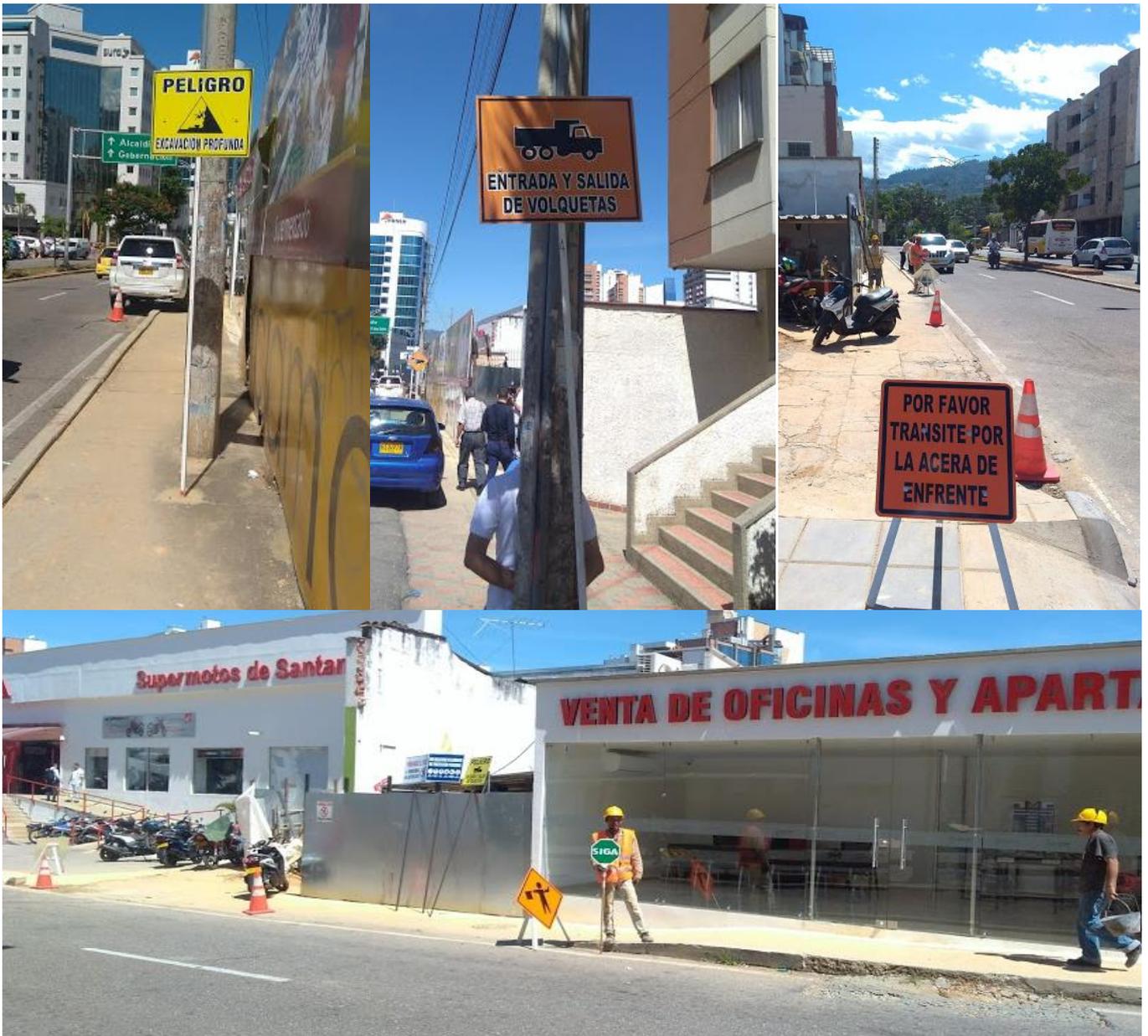
*Figura 9. Columnas de arranque*



*Fuente: Autor*

Días previos a la fundida programada de la etapa 1 de cimentación fue necesario señalizar la vía sobre la calle 36 y crear senderos peatonales con cinta peligro y colombinas que permitieran la circulación segura de los peatones, tal como estaba establecido en el Plan de Manejo de Seguridad Vial aprobado por la Dirección de Transito de Bucaramanga para el Proyecto Millennium Business Tower. Para el 25 de Agosto se obtuvo una licencia que permitía generar ruidos por las bombas estacionarias de concreto, y realizar cierres parciales en la calle 36 entre carreras 27 y 28, ya que los carros de concreto descargando podrían ocasionar retrasos en el tráfico vehicular. En la figura 10 se muestra la señalización.

Figura 10. Señalización calle 36



Fuente: Autor

Pasados 5 días y manteniendo constantemente hidratados los elementos fundidos se inició a desplafonar las bandas, y es posible observar los elementos estructurales, tal como se muestra en la figura 11, así mismo, en la figura 12 se muestra la formaleta usada.

*Figura 11. Desplafone cimentación*



*Fuente: Autor*

*Figura 12. Formaleta cimentación.*



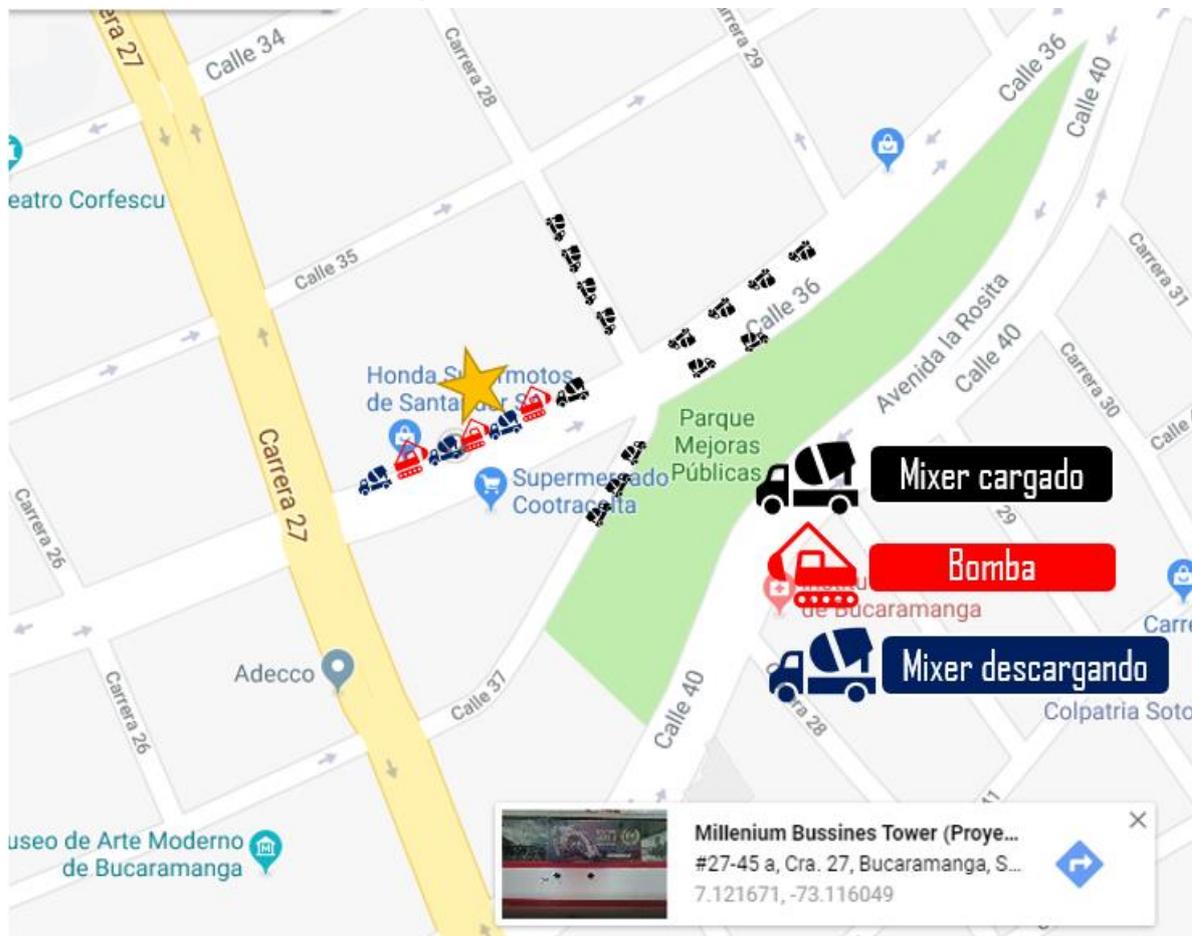
*Fuente: Autor*

De igual forma, en la figura 11 se aprecian los traslapes de las vigas y placas de cimentación que se debieron dejar en conjunto con el corte del concreto a 45° para hacer la unión de las etapas de fundida de cimentación 1 y 2, aplicando

Sikadur 32. Esto funciona como un puente de adherencia de concreto fresco a endurecido, y permite garantizar una pega perfecta entre concreto viejo a nuevo. [20] Se debe garantizar el ángulo de 45° en el corte del concreto para obtener mayor área de contacto entre caras de placas y evitar posibles desplazamientos de caras.

La fundida de la etapa 1 de cimentación se realizó con las concretas CEMEX y DSP. Se completaron 160 viajes de concreto con resistencia de 4000 psi, de los cuales Cemex fue proveedor de 800 m<sup>3</sup> en 95 viajes, y Dsp fue proveedor de 471 m<sup>3</sup> en 65 viajes. En cola se alcanzaron a tener disponibles casi 15 carros con capacidad entre 7 y 8 m<sup>3</sup> de concreto para descargar, los cuales se encontraban ubicados tal como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Ubicación mixer



Fuente: Autor

### 8.3 CONCRETO MASIVO

El concreto masivo está compuesto por cemento, agregados y agua. Una mezcla adecuada de concreto masivo se debe a la buena selección de materiales que a su vez producirán un concreto adecuado para cumplir con los requerimientos de la estructura en cuestión de economía, trabajabilidad y estabilidad en sus

dimensiones. En términos generales son aquellos que requieren un manejo especial para evitar daños causados por el calor interno o por un posible gradiente de temperatura excesivo durante el proceso de hidratación. El comité ACI 116 ha definido que el concreto masivo como un concreto en una estructura, es decir, una viga, columna, pila o presa cuyo volumen es de tal magnitud que requiere medios especiales para contrarrestar la generación de calor y subsecuentes cambios de volúmenes. [21]

### 8.3.1 Sistemas de enfriamiento

Los sistemas de enfriamiento que se utilizan para el concreto masivo son el agua refrigerada usada como agua de mezclado, o agua de rio, que permita disminuir los gradientes de temperatura.

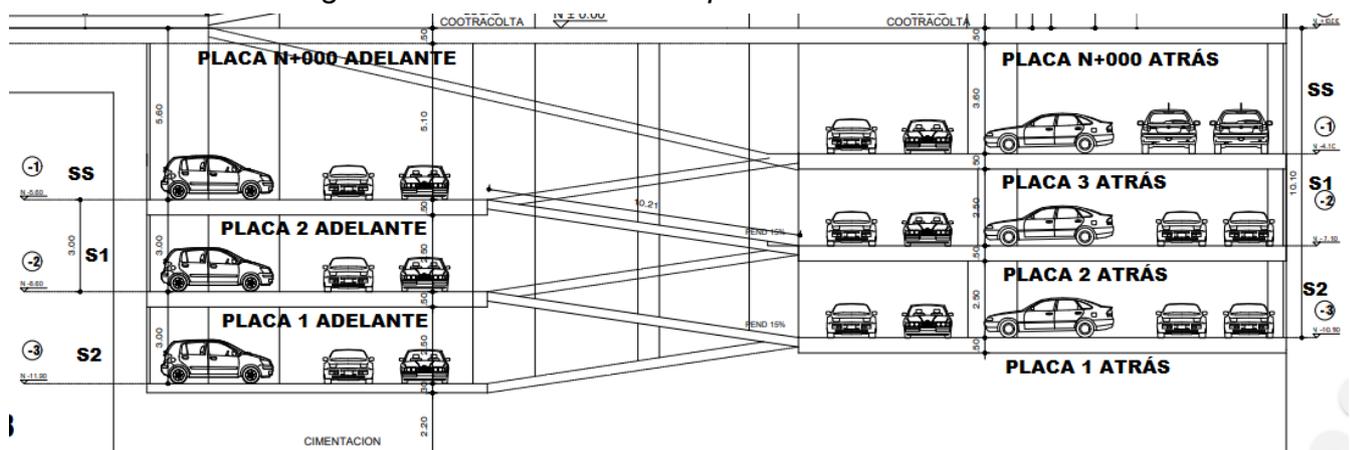
### 8.3.2 Cuidados

Se debe tener cuidado en los manejos de insumos, las técnicas de pre enfriamiento de insumos y de concreto, así como el pos enfriamiento del concreto endurecido, contribuyendo a mejorar las practicas comunes en la utilización del concreto y por lo tanto lograr estructuras de concreto masivos para mejor calidad en resistencia y durabilidad.

## 9. CONCRETO DE COLUMNAS

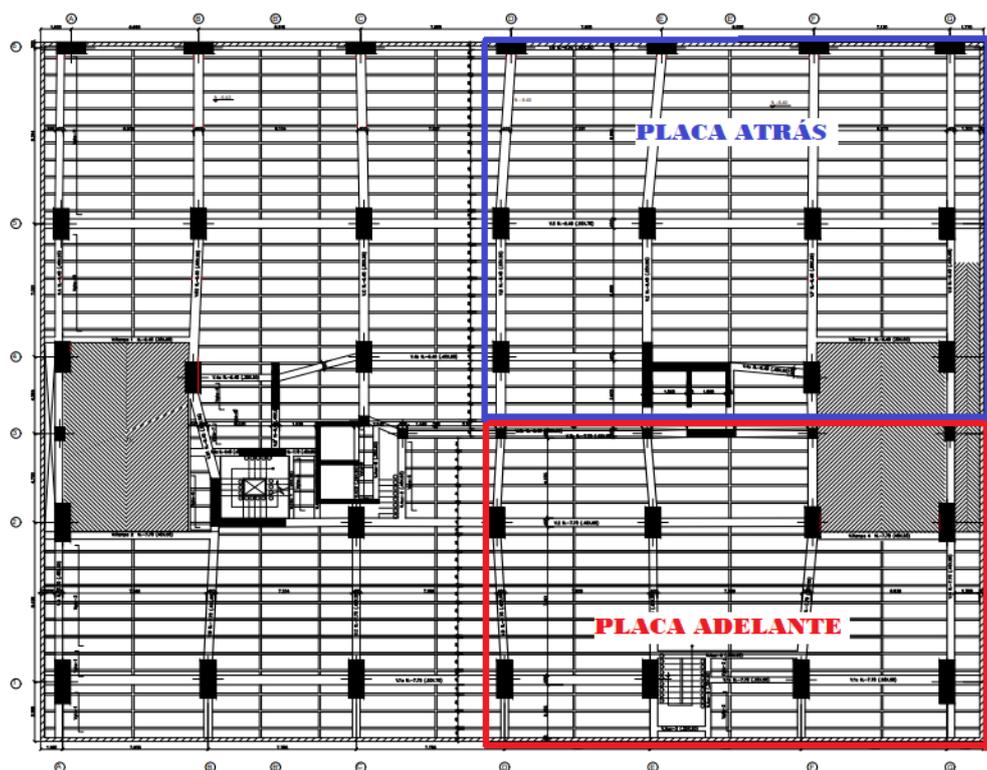
A partir de la fundida de cimentación el proyecto se divide en 2 etapas, placas de adelante y placas de atrás, entre la cimentación y hasta el N+000, tal como se muestra en las figuras 14 y 15. Esto se hace para armar y fundir las placas de sótano 2, sótano 1 y semisótano de acuerdo con la altura que requiere cada una de ellas.

Figura 14. Denominación de placas en corte



Fuente. Constructora Innova

Figura 15. Denominación de placas en planta



Fuente: Constructora Innova.

La placa de adelante para las fundidas de columnas estará conformada por 14 elementos, y la placa de atrás estará conformada por 11 elementos. En la tabla 13, se muestra el pedido de concreto que se realizó para fundir las columnas de cimentación de adelante.

Tabla 13. Pedido concreto columnas cimentación adelante

	MILLENNIUM		PROVEEDOR	
			DSP	
CONCRETO DE 5000 PSI				
Elemento	LARGO	ANCHO	ALTO	m <sup>3</sup>
COLUMNA G1	2.35	0.81	2.3	4.38
COLUMNA F1	2.04	0.81	2.3	3.80
COLUMNA E1	2.04	0.81	2.3	3.80
COLUMNA D1	2.04	0.81	2.3	3.80
COLUMNA G2	2.04	0.81	2.5	4.13
COLUMNA F2	1.63	0.81	2.35	3.10
COLUMNA E2	1.63	0.81	2.35	3.10
COLUMNA D2	1.63	0.81	2.35	3.10
COLUMNA G4	1.63	0.81	2.5	3.30
COLUMNA G3	0.72	0.51	2.5	0.92
COLUMNA E3	0.51	0.51	2.5	0.65
COLUMNA D3	0.51	0.51	2.5	0.65
MURO 10	2.55	0.41	2.5	2.61
SOLICITÓ	APROBÓ		Total m <sup>3</sup>	37.35
Ing. Paola Ramirez	Ing. Deisy Leal		Asentamiento 3%	0.75
			<b>Total m3</b>	<b>38</b>

*Figura 16. Columnas cimentación adelante*



*Fuente: Autor*

En la figura 16 se pueden observar las columnas de la cimentación de adelante que fueron fundidas. Luego de quitar los retranques y las latas de banda de estos elementos se encontraron problemas de grietas y segregación del agregado tal como se observa en la figura 17.

*Figura 17. Columnas con daños*



Los daños que se encontraron luego de desencofrar las columnas fundidas pueden deberse a errores en la colocación y compactación del concreto, ya que al mantener el vibrador por mayor tiempo sobre la zona céntrica de la columna esto produce que el agregado se desplace hacia los bordes del elemento.

### **9.1 REPARACIÓN DE COLUMNAS**

Ya que estas son las columnas de arranque de la estructura para garantizar la calidad de esta, se realizaron trabajos de reparación que permitieran no solo alcanzar la resistencia de diseño del concreto de las columnas sino también superarla.

El procedimiento de reparación consiste en descacilar la superficie de la columna, para luego cubrirla y resanarla con Sika Top-122 que es un mortero cementoso modificado con resina acrílica, de dos componentes, de consistencia pastosa, con altas resistencias mecánicas y gran adherencia al soporte, especialmente diseñado para reparaciones en elementos estructurales de concreto [22]. Seguido de esto se ubican las boquillas y se anclan al elemento por medio del Anchorfix-5 que es un adhesivo multipropósito de curado rápido para anclajes y pega de elementos [23]. Finalmente, se inyecta con presión de 70lbs por medio de las boquillas el Sikadur-35 Hi-Mod LV, que es un adhesivo con base en resina epóxica, multiusos, de alta resistencia, baja viscosidad, insensible a la humedad, de dos componentes y es usado para la inyección a presión en grietas de concreto estructural. Esta inyección se realiza para garantizar que todos los espacios huecos (poros) dentro de la columna queden completamente ocupados y disminuir así la porosidad del elemento. En las figuras 18,19 y 20 se puede observar el procedimiento.

Para la reparación de todas las columnas se usaron 81 kits Sikadur-35 Hi-Mod LV, 11 kits de Sika Top-122 y 8 kits de Anchorfix-5. El costo total de los materiales y la mano de obra alcanzó casi los \$50'.000.000.

*Figura 18. Descacilada superficie de columna*



*Fuente: Autor*

Figura 19. Colocación de boquillas



Fuente: Autor

Figura 20. Inyección a presión



Fuente: Autor

Las discontinuidades o grietas en un concreto cuando se inyectan buscan reconsolidar el concreto con un material de aporte que tenga una resistencia igual o superior, el Sikadur 35 luego de 28 días de inyección logra alcanzar cerca de los 9000 psi de resistencia a la compresión. [24]

El costo de la construcción de las columnas que se repararon fue de \$85'697.032, por otro lado, el costo de la reparación de las mismas columnas fue \$66'256.138, originando así un sobre costo del 77%. Tal como se observa en la tabla 14. Sobrecosto columnas.

Tabla 14. Sobrecosto de columnas

CONSTRUCCIÓN DE COLUMNAS D1-D2-E1-E2-F1-F2-G1-G2			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO
HIERRO RECTO	KG	24247	\$ 64,017,274
HIERRO FIGURADO (FLEJES)	KG	1392	\$ 3,643,913
HIERRO FIGURADO (GANCHOS)	KG	1736	\$ 4,545,845
CONCRETO (5000 psi)	m3	38	\$ 13,490,000
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$ 85,697,032</b>

REPARACIÓN DE COLUMNAS D1-D2-E1-E2-F1-F2-G1-G2	
MATERIALES	\$ 31,411,138
MANO DE OBRA	\$ 30,345,000
COSTOS INDIRECTOS	\$ 4,500,000
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 66,256,138</b>

$$\text{SOBRE COSTO COLUMNAS} = \frac{\text{COSTO REPARACIÓN}}{\text{COSTO CONSTRUCCIÓN}} = 77\%$$

En el anexo 1. Costo construcción de columnas, y anexo 2. Costo reparación de columnas, es posible revisar los análisis de precios unitarios.

Finalmente, en la figura 21 se realiza una comparación entre las columnas que son fundidas sin supervisión, y el mismo tipo de columnas, pero fundidas bajo supervisión.

Figura 21. Comparación de columnas



### 9.1.1 Métodos de inyección de las fisuras en concreto

**INYECCIÓN CON BOQUILLAS ANCLADAS (MECHANICAL PACKERS):** Este método de inyección se utiliza para sellar fisuras en presencia de agua. Generalmente esto se presenta en estructuras enterradas que tienen el nivel freático alto y en sitios donde no se tomaron precauciones para que el agua no ingresará al interior de edificio. Estos problemas se perciben recientemente en los muros de contención de los sótanos, losas de sótano y tanques de almacenamiento de agua. Las boquillas que se usan se anclan a los lados de la fisura a inyectar. [25]

**INYECCIÓN CON BOQUILLAS SUPERFICIALES (SURFACE PACKERS):** Este método de inyección comúnmente es usado para inyectar una resina epóxica rígida en una fisura inactiva que no tiene presencia de agua. Es el caso de la inyección de fisuras en elementos estructurales como vigas, columnas, losas, muros, en donde se necesite recuperar la rigidez y el monolitismo, además de evitar el ingreso de agresores hacia el acero de refuerzo. Estos problemas son típicos cuando se sobrepasan las cargas de servicio en los elementos estructurales o cuando son sometidos a los movimientos producidos por un sismo. Las boquillas que se utilizan se colocan en la superficie mediante el uso de una resina de sello que las fija en el centro de la fisura a inyectar. [25]

**INYECCIÓN TIPO CORTINA (CURTAIN INJECTION):** Este método de inyección se usa normalmente para sellar fisuras con presencia de agua mediante el uso de una resina acrílica flexible. En los sótanos pueden aparecer filtraciones o fisuras en grandes áreas por diferentes razones como, diseños inadecuados de la mezcla de concreto, mala colocación y compactación del concreto, movimientos del suelo y altos niveles freáticos. Las áreas grandes se pueden sellar inyectando detrás de la estructura de concreto, para esto se usan boquillas ancladas en toda la superficie del muro a inyectar. [25]

**INYECCIÓN POR GRAVEDAD:** Este método se usa para inyectar una resina epóxica rígida en una fisura inactiva que no tiene presencia de agua. Este procedimiento se realiza por gravedad, sin necesidad de usar un equipo de inyección a presión aprovechando que la fisura está en el piso.

## 9.2 PRUEBAS DE ULTRASONIDO

### 9.2.1 Ensayo de pulso ultrasónico

Los ensayos no destructivos constituyen hoy en día una herramienta muy útil para determinar la calidad del concreto endurecido. Entre una gama variada de estos ensayos, el ultrasonido o método de medición de pulso ultrasónico se utiliza con éxito desde hace más de 50 años en muchos países. Este es un método que día a día ha ido incrementando sus aplicaciones en el campo de la tecnología del concreto, como una alternativa de ensayo no destructivo. El método del ultrasonido entre sus especificaciones cuenta con la **ASTM C597 – Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete**, que consigna la metodología y exigencias para aplicar el método del pulso ultrasónico. [26]

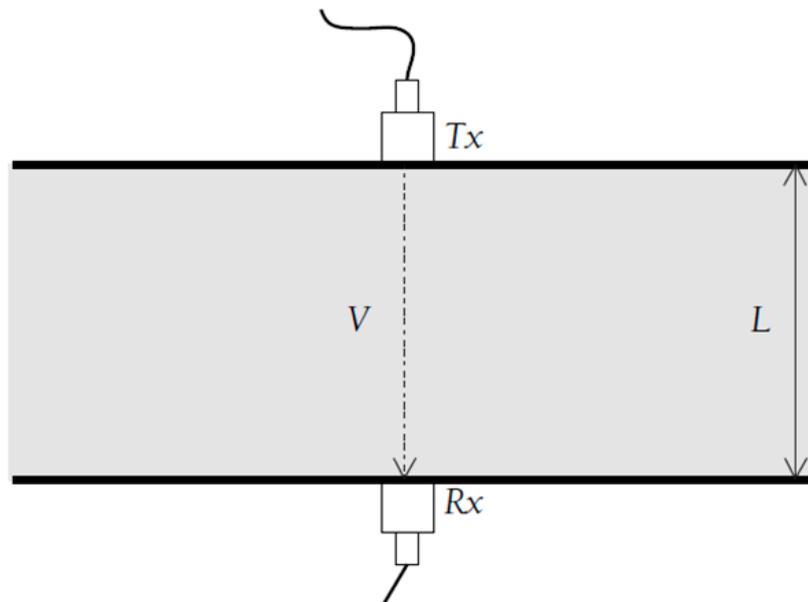
### 9.2.2 Ventajas

Es un ensayo confiable ya que cualquiera que sea el método de propagación de las ondas, se necesita una única medida para obtener un valor representativo, resultando así una dispersión muy baja. Además, las ondas de sonido se propagan en los medios sólidos a partir de excitaciones vibratorias en forma de ondas, y la velocidad de estas depende de las propiedades elásticas del medio en que se propagan, de manera que, conociendo la velocidad del sonido y la masa del sólido, es posible estimar las propiedades elásticas del medio, las cuales se pueden relacionar con los parámetros de calidad del material. [27]

### 9.2.3 Descripción del método

El ensayo de pulso consiste en medir el tiempo que demora un pulso ultrasónico (frecuencia entre 20 y 150 kHz) al recorrer la distancia entre un transductor emisor Tx y un transductor receptor Rx, ambos acoplados al concreto en estudio.

*Figura 22. Método ultrasónico*



*Fuente: ARGOS 360*

Mediante el transductor electroacústico emisor se genera un impulso de vibración longitudinal. Después de recorrer una determinada distancia  $L$ , el segundo transductor (Rx) recibe la señal y, por medio de un circuito electrónico se mide el tiempo de tránsito o de propagación del impulso a través del material. De ahí que algunos especialistas lo establecen como una herramienta ideal, muy simple y versátil, para determinar la uniformidad en el concreto, tanto a nivel de campo como a nivel de laboratorio.

### 9.2.4 Aplicación en campo

Se realizaron las pruebas de velocidad de pulso de onda ultrasónica a través de distintos elementos tipo columna que hacen parte del sistema estructural de resistencia sísmica del proyecto Millennium Business Tower. Estas pruebas se

desarrollaron con el fin de conocer de manera empírica el índice de porosidad de los elementos estructurales de concreto reforzado, relacionada con la resistencia a esfuerzos de compresión que posee el concreto que constituye los elementos estructurales en estudio y para los cuales se les aplicaron las pruebas.

Los elementos estructurales ensayados fueron las columnas G2 Sotano 2, F1 Sotano 2 y E1 Sotano 2, cada elemento se evaluo a tres alturas diferentes, la toma de datos se puede observar en las tablas 15,16 y 17 Toma de datos prueba ultrasonido.

*Tabla 15. Toma de datos Prueba Ultrasonido G2*

<b>COLUMNA G2 SOTANO 2</b>				
<b># DE PRUEBA</b>	<b>ALTURA DE APLICACIÓN (m)</b>	<b>TIEMPO(μseg)</b>	<b>DISTANCIA (mm)</b>	<b>VELOCIDAD (km/s)</b>
1	1.9	203.00	810	3.99
2	1.9	203.20	810	3.98
3	1.9	203.20	810	3.98
1	1.3	205.4	810	3.94
2	1.3	205.5	810	3.94
3	1.3	205.9	810	3.93
1	0.35	196.7	810	4.11
2	0.35	196.7	810	4.11
3	0.35	196.7	810	4.11

*Fuente: Informe de ensayo UPV*

*Figura 23. Pruebas ultrasonido Columna G2*



*Fuente: Autor*

Tabla 16. Toma de datos prueba de ultrasonido F1

COLUMNA F1 SOTANO 2				
# DE PRUEBA	ALTURA DE APLICACIÓN (m)	TIEMPO( $\mu$ seg)	DISTANCIA (mm)	VELOCIDAD (km/s)
1	1.99	205.20	810	3.94
2	1.99	205.40	810	3.94
3	1.99	205.70	810	3.93
1	1.39	205.00	810	3.95
2	1.39	205.00	810	3.95
3	1.39	205.00	810	3.95
1	0.59	200.9	810	4.03
2	0.59	200.9	810	4.03
3	0.59	200.9	810	4.03

Fuente: Informe de ensayo UPV

Figura 24. Pruebas ultrasonido columna F1



Fuente: Autor

Tabla 17. Pruebas de ultrasonido columna E1

COLUMNA E1 SOTANO 2				
# DE PRUEBA	ALTURA DE APLICACIÓN (m)	TIEMPO( $\mu$ seg)	DISTANCIA (mm)	VELOCIDAD (km/s)
1	1.9	198.9	810	4.07
2	1.9	198.9	810	4.07
3	1.9	199.00	810	4.07
1	1.3	202.70	810	3.99
2	1.3	202.90	810	3.99
3	1.3	202.70	810	3.99
1	0.6	198.5	810	4.08
2	0.6	198.5	810	4.07
3	0.6	198.5	810	4.08

Fuente: Informe de ensayo PUV

Figura 25. Pruebas de ultrasonido columna E1



Fuente: Autor

En la tabla 18. Resumen de los resultados de PUV, se pueden observar los resultados de las pruebas de velocidad de pulso a través de los elementos estructurales, columnas G2,F1 y E1 del Sotano 2.

Tabla 18. Resumen resultados PUV

Elemento	F'c estimada (Ksi)	Porosidad abierta máxima (%)	Desviación estándar
Columna G2	4.8219	-4.904	0.041
Columna F1	4.7742	-4.93	0.039
Columna E1	4.8622	-5.352	0.019

Con base en los resultados de las pruebas de ultrasonido fue posible afirmar que, el concreto que constituye las estructuras internas de los elementos del sistema estructural de resistencia sísmica (columnas ensayadas), poseen una resistencia última a la compresión (f'c) de 4800 [psi], relacionada según la velocidad con la que atraviesa cada pulso al elemento.

Los elementos estructurales poseen una matriz de interacción de materiales cementantes y agregados, bien densificada y compactada, por lo que las lecturas de UPV fueron rápidas y claras. Además, los resultados del índice de porosidad abierta que se estimaron fueron aproximadamente nulos, es decir, que estos elementos cuentan con un concreto que NO tiene vacíos que permitan el flujo de sustancias externas que degraden y/o alteren su PH o índice de alcalinidad, y puedan influir en la pérdida de resistencia de los elementos o en la corrosión de las fibras de acero de refuerzo que hacen parte de los elementos estructurales en estudio. [28]

## 10. PEDIDOS DE HIERRO

Según la programación de obra se deben realizar los pedidos de hierro recto y figurado que se va a necesitar para armar las placas y fundirlas en la fecha requerida, de este modo se establece el procedimiento para hacer pedidos y programar las fechas de llegada de los mismo a la obra, de la siguiente forma:

Tabla 19. Procedimiento de pedidos de hierro

DIA	PROCEDIMIENTO	F	P	R	P
1	Pedir figurado y recto de placa	X	P1	X	P3
2	Pedir figurado y recto de traslapes de columnas	X	P3	X	P2
6	Llegada a obra de figurado y recto de placa	X	P1	X	P3
7	Llegada a obra de figurado y recto de traslapes de columnas	X	P3	X	P2
13	Fundida de placa programada	-	P4	-	P4
14	Fundida de columnas	-	P4	-	P4
15					
P1: Ferreteria Edimsa P2: Ferreteria Aldía S.A.S P3: Figuhierros FT S.A.S P4: DSP concretos S.A.S F: Figurado R: Recto P: Proveedor					

Fuente: Autor

En la tabla 19 se presenta el procedimiento establecido para realizar los pedidos del hierro recto y figurado. Para realizar la programación se planean los pedidos partiendo de la fecha en la cual se debe entregar la placa fundida.

Después de definir el tipo de hierro que se va a pedir (recto o figurado), el proveedor y la fecha de llegada a obra, se procede a realizar las cartillas del pedido, así:

### 10.1 Cantidades de hierro

En base a los planos de planta de entepiso y los planos estructurales se calculan las cantidades de hierro recto incluyéndolas en el formato presentado en la tabla 20. Cantidades hierro recto.

Tabla 20. Cantidades hierro recto

PLACA			N -7.70		
CANTIDAD	DIAMETRO	L REAL (m)	L PEDIDO (m)	DESPERDICIO	DESCRIPCIÓN
<b>VIGA A HIERRO SUPERIOR</b>					
5	6	8.5	9	0.5	GANCHO 0.30
4	5	11.5	12	0.5	
4	5	3.8	6	2.2	GANCHO 0.30
<b>VIGA A BASTONES</b>					
1	5	7	9	2	GANCHO 0.30 CALLE 36 Y EJE 1
1	5	5.2	6	0.8	EJE 2
1	5	3	6	3	EJE 3
1	5	3	6	3	EJE 4 GANCHO 0.30
1	5	4	6	2	EJE 6 GANCHO 0.30
<b>VIGA A HIERRO INFERIOR</b>					
4	5	7.1	9	1.9	GANCHO 0.30
4	5	9	9	0	
4	5	7.7	9	1.3	GANCHO 0.30

Fuente: Autor

La longitud real se refiere a la longitud en la que se debe cortar las varillas, ya que, en obra se cuenta con la tronzadora y los operarios para figurar el hierro recto y así lograr que los pedidos lleguen en menor tiempo. Cuando se pide el hierro recto figurado en diferentes longitudes puede tardar el pedido en llegar a la obra hasta 7 días hábiles, mientras que, si se realizan los pedidos de hierro recto en longitudes comerciales de 6m,9m,12m y 14m, el pedido puede tardar en llegar hasta dentro de 4 días.

Las longitudes de desperdicio y las cantidades de estos se denominan retal, y estos se destinan para diferentes usos en la obra, entre ellos están, armado de escaleras, pelos de rampa, burros para alzar las mallas en las placas y evitar que se junten con el casetón en el momento de la fundida.

En la descripción se especifican las características del hierro además de la longitud de corte.

## 10.2 Órdenes de compra

Seguido de las cantidades de hierro incluidas en la tabla 20, se procede a generar las ordenes de compra y enviarlas mediante correo electrónico a los diferentes proveedores. Las ordenes de compra se deben realizar en los formatos mostrados en las figuras 26 y 28.

Figura 26. Orden de compra hierro recto

		MILLENNIUM		PROVEEDOR
		CARTILLA #22 PLACA 2 ADELANTE ETAPA 2		FIGUHIERROS
ACERO RECTO				
ELEMENTO	CANTIDAD	Nº DESIGNACIÓN	LONGITUD (m)	FECHA REQUERIDA EN OBRA
VIGA A	5	6	9	11/12/2018
	4	5	12	
	4	5	6	
	1	5	9	
	1	5	6	
	1	5	6	
	1	5	6	
	1	5	6	
	4	5	9	
	4	5	9	
	4	5	9	

Fuente: Autor

## 10.3 Cartilla de hierro

Finalmente, para facilitar el proceso de corte y figurado del hierro recto para los operadores y los oficiales de placa, se realiza la descripción de cada elemento tal como se muestra en la figura 27. Cartilla hierro recto.

Figura 27. Cartilla hierro recto

VIGA A		1	2	3	4
		zona 1	zona 2	zona 3	zona 4
H. SUPERIOR	g 5 #6 x8.50m	4 #5 x11.50m		4 #5 x3.8m g	
BASTONES	g 1 #5 x7m	1 #5 x5.2m	1 #5x3m	1 #5x3m g	
H. INFERIOR	g 4 #5x7.1m	4 #5x9m		4 #5x7.7m g	

Fuente: Autor

Para el hierro figurado que está clasificado en flejes y ganchos tipo S, se realiza el mismo procedimiento que el de el hierro recto, pero generando una orden de compra diferente, tal como se observa en la figura 28. Orden de compra hierro figurado.

Figura 28. Orden de compra hierro figurado

		MILLENIUM		PROVEEDOR
		CARTILLA #46 PLACA 2 ADELANTE		EDIMSA
<b>ACERO FIGURADO</b>				
				
ELEMENTO	CANTIDAD	MEDIDAS (m)	Nº DESIGNACIÓN	FECHA REQUERIDA EN OBRA
VIGA A	171	0.42X0.32	3	
VIGA B	107	0.37X0.57	3	
VIGA B1	33	0.32X0.42	3	
VIGA C	82	0.40X0.50	3	
VIGA 1	203	0.42X0.62	3	
VIGA 2	117	0.37X0.57	3	
VIGA 3	54	0.32X0.42	3	
VIGA RAMPA	66	0.32X0.42	3	

Fuente: Autor

De igual forma que el hierro recto, para el hierro figurado se realiza la descripción de cada elemento incluyendo dimensión, cantidad y separación de los flejes. Con esto se garantiza que el hierro figurado llegará a cada elemento de acuerdo con lo que se pidió para cada uno de ellos. Y se realiza como se observa en la figura 29. Cartilla hierro figurado.

Figura 29. Cartilla hierro figurado

FLEJES DE VIGAS				
ELEMENTO		DIMENSIÓN (m)	CANTIDAD	SEPARACIÓN
VIGA A	VOLADIZO-EJE 1	0.42X0.32	23	23@9cm
	EJE 1-EJE 2	0.42X0.32	48	15@9+18@20+15@9
	EJE 2-3	0.42X0.32	35	15@9+5@20+15@9
	EJE 3-4	0.42X0.32	33	15@9+3@20+15@9
	DADOS	0.42X0.32	32	32@20cm
VIGA B	VOLADO	0.42X0.52	21	21@9cm
	EJE 1-2	0.42X0.52	74	15@9+25@20+15@9cm
	DADOS	0.42X0.52	12	4@9cm
VIGA B1	EJE 2-EJE 3	0.32X0.42	33	28@9cm
VIGA C	VOLADO	0.40X0.50	30	22@9cm
	EJE 1-EJE 2	0.40X0.50	52	15@9+22@20+15@9
VIGA 1	EJE D-EJE C	0.42X0.62	56	20@9+15@20+21@9
	EJE C-EJE B	0.42X0.62	77	20@9+17@20+20@9
	EJE B-EJE A	0.42X0.62	58	20@9+17@20+21@9
	DADOS	0.42X0.62	12	4@20cm

Fuente: Autor

## 11. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

La seguridad y salud en el trabajo tiene como objeto la aplicación de las medidas necesarias para evitar, o al menos minimizar, los riesgos en el trabajo y promocionar la salud entre los trabajadores, la Constructora Innova se encuentra comprometida con el cuidado y preservación de la salud laboral de sus trabajadores.

### 11.1 Entrega de elementos de protección personal

Para realizar el pedido de elementos de protección personal, los trabajadores deben hacer la solicitud los lunes a las 7:00am de cada semana. Seguido de esto, se crea el pedido el cual es enviado al proveedor quien trae dicho pedido el día Martes a la obra.

En la figura 30. Pedido de elementos de protección personal, se muestra el pedido que se realiza semanal de acuerdo con las solicitudes realizadas por los trabajadores los días Lunes.

*Figura 30. Pedido de elementos de protección personal*

14 DE ENERO DE 2019				
UNIDAD	DESCRIPCIÓN	TALLA	SOLICITO	MOTIVO
65	PAR DE GUANTES AMARILLO	NA	NA	SEMANAL
24	GAFAS NEGRA	NA	NA	SEMANAL
1	PAR BOTA MATERIAL	38	FABIAN PEREZ	REPOSICIÓN
1	PAR DE BOTA MATERIAL	42	JAVIER MACHUCA	REPOSICIÓN
1	PAR DE BOTA MATERIAL	42	LUIS DELGADO	REPOSICIÓN
1	PAR DE BOTA DE CAUCHO	38	ALFONSO	REPOSICIÓN
1	PAR DE BOTA DE CAUCHO	40	JULIAN MORA	REPOSICIÓN
1	PAR DE BOTA DE CAUCHO	39	DAIMER SOLANO	REPOSICIÓN
1	PAR DE BOTA MATERIAL	40	PABLO	REPOSICIÓN
1	PAR DE BOTA DE MATERIAL	39	MANUEL CABARCAS	REPOSICIÓN
1	PAR DE BOTA DE CAUCHO	38	MIGUEL DUARTE	PRIMERA VEZ

*Fuente: Autor*

Seguido de realizar el pedido y recibirlo en obra, los días Miercoles sobre las 7:00am se hacen las entregas a cada trabajador diligenciando el formato de entrega de epp, esto con el fin de llevar un registro acerca de la dotación que ha recibido el personal.

### 11.2 Verificación de condiciones de seguridad

Dentro de las labores del practicante se encuentra contemplada la verificación de condiciones de seguridad en la obra, de este modo, en cada recorrido diario de obra además de verificar que los trabajadores estén usando correctamente sus elementos de protección personal (guantes, gafas, casco, barbuquejo, botas); y el uso de los elementos de protección contra caídas (arnés y eslinga), se verificó que los posibles riesgos o peligros en obra como lo son: orden y limpieza, caída de objetos, caídas al mismo y diferente nivel, objetos cortopunzantes, deslizamiento. Esten debidamente controlados y minimizados.

*Figura 31. Uso de EPP*



*Fuente: Autor*

En la figura 31 y 32, se observa el uso de los Elementos de Protección Personal y uso de Elementos de Protección Contra Caídas de los trabajadores.

*Figura 32. Uso de EPC*



*Fuente: Autor*

Además de esto, es necesario inspeccionar que las condiciones propias del sitio de trabajo sean aptas y seguras.

*Figura 33. Protección de escaleras*



*Fuente: Autor*

*Figura 34. Señalización de vacíos*



*Fuente: Autor*

*Figura 35. Orden y aseo en obra*



*Fuente: Autor*

En las figuras 33, 34 y 35 se observa que las condiciones peligrosas en obra se encuentren debidamente controladas, todo esto en la búsqueda del bienestar de los trabajadores y visitantes dentro de la obra.

## 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

-El concreto masivo no se recomienda usar en presas ya que el pre enfriamiento de este será suficiente para garantizar una adecuada temperatura del concreto durante el tiempo de fraguado y ganancia de resistencia, logrando disminuir los cambios volumétricos y agrietamiento.

-Es importante que durante la ejecución de la obra se realicen exhaustivos controles de calidad ya que, las fallas en los controles de calidad se ven principalmente reflejadas en las reclamaciones por los clientes.

-Las placas de cimentación se crean a razón de que, cuando las zapatas están diseñadas para soportar grandes cargas como en el edificio de Millennium Business Tower, los bulbos de presión de estas zapatas aisladas se juntan entre sí y esto estaría en contra de las normas de diseño. Para este proyecto en específico la parte de atrás de la cimentación permitía que solo se realizaran zapatas aisladas, sin necesidad de placas de cimentación ya que en el piso 6 se efectúa un retroceso y esto genera que las cargas transmitidas a las zapatas de atrás sean menores a las cargas transmitidas a las zapatas de adelante.

-Con el fin de disminuir los tiempos que tardan los ayudantes buscando los flejes que están asignados para cada elemento, se recomienda marcar los pedidos con diferentes colores de aerosol que permita reconocer las dimensiones de los flejes a usar.

-Luego de las malas prácticas realizadas durante la fundida de las columnas D1-D2-E1-E2-F1-F2-G1 y G2, las cuales se debieron reparar con Sika LV 35, para luego realizar las pruebas de ultra sonido, fue posible verificar que este Bicomponente del grupo Sika resulta siendo eficaz re consolidando y llenando todas las cavidades porosas del concreto fundido logrando devolverle su carácter monolítico, evitando así futuras grietas y/o fallas en la estructura.

-Al realizar subcontratación en proyectos de construcción se establecerían los niveles de responsabilidad durante la ejecución de los mismos, es decir, en caso de que un trabajo resultará mal ejecutado existiría un responsable de ello y por tanto se podría compensar el pago de estos errores con las retenciones que se realizan a los contratos.

-A razón de los errores cometidos en la fundida de las columnas se definió que, en las próximas fundidas se deberá realizar supervisión constante por parte de un ingeniero residente a todos los procesos que realicen, y estos elementos estructurales solo podrán ser fundidos por personal antiguo en estas labores.

-Las pruebas de ultrasonido son un ensayo no destructivo al concreto con una elevada confiabilidad y fácil de realizar, sin dejar de lado que se refiere a uno de los ensayos no destructivos al concreto con el que se garantiza repetividad y versatilidad.

- Establecer procedimientos de programación para realizar pedidos de material, garantiza que se pueda suplir cualquier imprevisto que presenten los proveedores, ya que, al programar los pedidos con suficiente tiempo de anticipación se permite que si se llegase a presentar un inconveniente por parte del proveedor y esto genere una retraso en la fecha requerida en obra, no se

vean afectadas las actividades para las cuales se necesita dicho material porque de antelación existen días de holgura en los cuales se puede esperar la llegada del material.

-Contar con mas de 2 proveedores diferentes para un mismo producto permite generar menos carga a cada proveedor y así garantizar que se cumplan las ordenes de compra de acuerdo con las fechas requeridas en obra.

-Es sumamente importante que las dimensiones y características del proyecto, tales como, medidas, especificaciones, designaciones de hierro, entre otras, coincidan con lo que se encuentre desarrollado en obra. De esta manera se garantiza la disminución de reprocesos en obra que generen atrasos en la programación o sobre costos.

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] I. S.A.S, «Constructora Innova S.A.S,» Damos Soluciones, [En línea]. Available: <http://www.constructorainnova.com/inicio>. [Último acceso: 12 Agosto 2018].
- [2] K. Albino, Interviewee, *Organigrama Innova*. [Entrevista]. 15 Agosto 2018.
- [3] Innova S.A.S, «Premio Internacional,» Bucaramanga, 2018.
- [4] Innova S.A.S, «Constructora Innova,» Damos Soluciones, 2018. [En línea]. Available: <http://www.constructorainnova.com/proyectos/5/venecia-imperial>.
- [5] Innova S.A.S, «Santorini Condominio I,» Damos Soluciones, 2018. [En línea]. Available: <http://www.constructorainnova.com/proyectos/6/santorini-condominio-i>. [Último acceso: 05 Agosto 2018].
- [6] Innova S.A.S., «Santorini Condominio II,» Damos Soluciones, 2018. [En línea]. Available: <http://www.constructorainnova.com/proyectos/7/santorini-condominio-ii>. [Último acceso: 05 Agosto 2018].
- [7] Innova S.A.S, «La Torre Montecarlo,» Damos soluciones, 2018. [En línea]. Available: <http://www.constructorainnova.com/proyectos/8/latorre-montecarlo>. [Último acceso: 06 Agosto 2018].
- [8] Innova S.A.S, «Piazza Verona,» Damos Soluciones, 2018. [En línea]. Available: <http://www.constructorainnova.com/proyectos/9/piazza-verona>. [Último acceso: 06 Agosto 2018].
- [9] Innova S.A.S, «Platinum,» Damos soluciones, 2018. [En línea]. Available: <http://www.constructorainnova.com/proyectos/10/platinum-condominio>. [Último acceso: 06 Agosto 2018].
- [10] Innova S.A.S, «Palladium Condominio,» Damos soluciones, 2018. [En línea]. Available: <http://www.constructorainnova.com/proyectos/1/palladium-condominio>. [Último acceso: 06 Agosto 2018].
- [11] Innova S.A.S, «Emporium Condominio Palace,» Damos soluciones , 2018. [En línea]. Available: <http://www.constructorainnova.com/proyectos/2/emporium-condominio-palace>. [Último acceso: 07 Agosto 2018].
- [12] Innova S.A.S, «Premium Gold,» Damos soluciones, 2018. [En línea]. Available: <http://www.constructorainnova.com/proyectos/3/premium-gold>. [Último acceso: 07 Agosto 2018].
- [13] Innova S.A.S, «Millennium Business Towe,» Damos soluciones, 2018. [En línea]. Available: <http://www.constructorainnova.com/proyectos/4/millennium-business>

tower. [Último acceso: 08 Agosto 2018].

- [14] COPNIA, Código de ética profesional, Bogotá: Gobierno en línea, 2003.
- [15] Congreso, Ley Anti-Space, Bogotá: Gobierno Nacional, 2016.
- [16] D. Benitez, «Nueva ley sobre la responsabilidad del constructor de vivienda,» *Asuntos:Legales*, 2017.
- [17] Construdata, Informe especial Mano de Obra, 186, 2018.
- [18] C. Colombia, Construcción Sismoresistente, Bogotá: República de Colombia, 1997.
- [19] Congreso, Ley 400 de 1997, Bogotá, 2018.
- [20] SIKA, «Sikadur 32,» de *Hoja de datos de productos*, Bogotá, 2017, pp. 4-8.
- [21] L. C. Ramirez, El concreto Masivo, Mexico, 2008.
- [22] GRUPO SIKA, Morteros de reparación predosificados, Colombia, 2017.
- [23] GRUPO SIKA, ANCLAJES, COLOMBIA, 2017.
- [24] S. COLOMBIA, «Sikadur 35 Hi-Mod LV,» de *HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO, CONSTRUYENDO CONFIANZA*, 2017.
- [25] SIKA, «Fisuras en estructuras de concreto,» de *Métodos de inyección de las fisuras*, Bogotá, 2017, p. 31.
- [26] O. J. Silva, «ARGOS, 360 CONCRETOS,» 28 Febrero 2017. [En línea]. Available: [www.360enconcreto.com/blog/detalle/pulso-ultrasonico-en-el-concreto](http://www.360enconcreto.com/blog/detalle/pulso-ultrasonico-en-el-concreto). [Último acceso: 25 Septiembre 2018].
- [27] O. Silva, «Ensayo de pulso ultrasonico en el concreto,» *ARGOS 360*, vol. II, p. 15, 2017.
- [28] IMT INGENIERIA, «ENSAYOS DE UPV PARA CONOCER EL INDICE DE POROSIDAD ELEMENTOS ESTRUCTURALES TIPO COLUMNA DE CONCRETO REFORZADO,» 2018.
- [29] COPNIA, «Titulo II,» de *Código ético de Ingeniería*, Bogotá, Gobierno en Línea, 2003.

COSTO CONSTRUCCIÓN DE COLUMNAS D1-D2-E1-E2-F1-F2-G1-G2 CIMENTACIÓN ADELANTE											
1. HIERRO RECTO											
PROVEEDOR	ELEMENTO	CANTIDAD	DESIGNACIÓN	LONGITUD (m)	L TOTAL (m)	KILOS	COSTO TOTAL				
ALDIA	COLUMNA E1	58	10	12	696	4454	\$ 11,926,656				
	COLUMNAE2	22	10	12	264	1690	\$ 4,523,904				
		12	8	12	144	576	\$ 1,473,696				
	COLUMNA D1	60	10	12	720	4608	\$ 12,337,920				
	COLUMNAD2	32	10	12	384	2458	\$ 6,580,224				
20		8	12	240	960	\$ 2,456,160					
FIGUJERROS	CUMNNAF1	36	10	12	432	2765	\$ 7,402,752				
		22	8	12	264	1056	\$ 2,714,342				
	CUMNNA F2	52	8	12	624	2496	\$ 6,415,718				
	CUMNNA G1	64	6	12	768	1728	\$ 4,441,651				
		50	4	6	300	300	\$ 771,120				
	CUMNNA G2	21	7	12	252	771	\$ 1,982,087				
		21	7	6	126	386	\$ 991,043				
COSTO HIERRO RECTO							\$ 64,017,274				
2. HIERRO FIGURADO (FLEJES)											
PROVEEDOR	ELEMENTO	CANTIDAD	MEDIDAS	DESIGNACIÓN	DIM 1 (m)	DIM 2 (m)	DOBLEZ (m)	L TOTAL (m)	KILOS	COSTO TOTAL	
FIGUJERROS	COLUMNA F1	60	0,72 x 1,92	3	0.72	1.92	0.2	5.48	184	\$ 482,047	
	COLUMNA F2	60	0,72 x 1,52	3	0.72	1.52	0.2	4.68	157	\$ 411,675	
	COLUMNA G1	128	1,06 x 0,72	3	1.06	0.72	0.2	3.76	270	\$ 705,595	
	COLUMNA G2	65	0,72 x 1,92	3	0.72	1.92	0.2	5.48	199	\$ 522,218	
	COLUMNA E1	55	1,20 x 0,72	3	1.2	0.72	0.2	4.04	124	\$ 325,763	
	COLUMNA E2	55	1,52 x 0,72	3	1.52	0.72	0.2	4.68	144	\$ 377,369	
	COLUMNA D1	55	0,72 x 1,92	3	0.72	1.92	0.2	5.48	169	\$ 441,877	
	COLUMNA D2	55	0,72 x 1,52	3	0.72	1.52	0.2	4.68	144	\$ 377,369	
COSTO FIGURADO (FLEJES)									\$ 3,643,913		
3. HIERRO FIGURADO (GANCHOS)											
PROVEEDOR	ELEMENTO	CANTIDAD	MEDIDAS	DESIGNACIÓN	DIM 1 (m)	DOBLEZ (m)	L TOTAL	KILOS	COSTO TOTAL		
FIGUJERROS	CUMNNAF1	240	0.72	3	0.72	0.2	0.92	124	\$ 323,710		
		80	1.92	3	1.92	0.2	2.12	95	\$ 248,647		
	CUMNNAF2	255	0.72	3	0.72	0.2	0.92	131	\$ 343,942		
		90	1.52	3	1.52	0.2	1.72	87	\$ 226,949		
	CUMNNA G1	240	0.72	3	0.72	0.2	0.92	124	\$ 323,710		
		120	1.06	3	1.06	0.2	1.26	85	\$ 221,671		
	CUMNNA G2	240	0.72	3	0.72	0.2	0.92	124	\$ 323,710		
		80	1.92	3	1.92	0.2	2.12	95	\$ 248,647		
	CUMNNAE1	276	0.72	3	0.72	0.2	0.92	142	\$ 372,267		
		92	1.52	3	1.52	0.2	1.72	89	\$ 231,992		
	CUMNNAE2	184	0.72	3	0.72	0.2	0.92	95	\$ 248,178		
		92	1.52	3	1.52	0.2	1.72	89	\$ 231,992		
	CUMNNA D1	92	1.92	3	1.92	0.2	2.12	109	\$ 285,944		
		276	0.72	3	0.72	0.2	0.92	142	\$ 372,267		
	CUMNNA D2	92	1.52	3	1.52	0.2	1.72	89	\$ 231,992		
		230	0.72	3	0.72	0.2	0.92	118	\$ 310,223		
	COSTO FIGURADO (GANCHOS)									\$ 4,545,845	
	4. CONCRETO										
	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL			
DSP CONCRETOS	CONCRETO DE 500 psi			m <sup>3</sup>	38	\$ 355,000	\$ 13,490,000				

COSTO TOTAL = HIERRO RECTO + HIERRO FIGURADO + CONCRETO	\$ 85,697,032
---	---------------

## ANEXO 1. COSTO CONSTRUCCIÓN DE COLUMNAS

<b>REPARACIÓN DE COLUMNAS D1-D2-E1-E2-F1-F2-G1-G2 DE CIMENTACIÓN ADELANTE</b>						
<b>OBRA: MILLENNIUM BUSINESS TOWER</b>						
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR PARCIAL</b>	<b>VALOR CAPITULO</b>
<b>1</b>	<b>MATERIALES</b>					<b>\$ 31,411,138</b>
1.1	SikaTop -122 Clima calido	x27 Kg	7	\$ 118,674	\$ 830,718	
1.2	Sikadura Anchorfix -4 600ml	UND	8	\$ 46,733	\$ 373,864	
1.3	Sikadur LV35 HI-MOD x3Kg	KG	81	\$ 291,184	\$ 23,585,904	
1.4	Sika-2	x5.5 Kg	8	\$ 74,846	\$ 598,768	
1.5	Boquilla cd3a-52	UND	260	\$ 3,391	\$ 881,660	
1.6	Thinner	GALON	1	\$ 125,000	\$ 125,000	
<b>2</b>	<b>MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 30,345,000</b>
2.1	Inyección de Sikadura LV35	GLB	81	\$ 300,000	\$ 24,300,000	
2.2	Adecuación de superficie, descasilada, y tratamiento con SikaTop-122	GLB	8	\$ 150,000	\$ 1,200,000	
<b>COSTO DIRECTO DE REPARACIONES</b>						<b>\$ 61,756,138</b>
<b>3</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					<b>\$ 4,500,000</b>
3.1	Prueba de ultrasonido, 3 tomas por elemento	GLB	3	\$ 1,500,000	\$ 4,500,000	
<b>COSTOS INDIRECTOS DE REPARACIONES</b>						<b>\$ 4,500,000</b>
<b>COSTO TOTAL DE REPARACIONES COLUMNAS CIMENTACIÓN ADELANTE= COSTOS DIRECTOS + COSTOS INDIRECTOS</b>						<b>\$ 66,256,138</b>

## ANEXO 2. COSTO REPARACIÓN DE COLUMNAS