

**INFORME FINAL DE PRÁCTICA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL**



**PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN LA
CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO RESIDENCIAL TORRES DE MILANO
EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN - CAUCA**

PABLO ALBEYRO GAVIRIA BASTIDAS

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN, FEBRERO DE 2018**

**INFORME FINAL DE PRÁCTICA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**



**PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN LA
CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO RESIDENCIAL TORRES DE MILANO EN
EL MUNICIPIO DE POPAYÁN - CAUCA**

PABLO ALBEYRO GAVIRIA BASTIDAS

Cód. 100412020473

DIRECTORA:

ING. INES DAMARIS MUÑOZ

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN, FEBRERO DE 2018**

NOTA DE ACEPTACIÓN

El Director y los Jurados han evaluado este documento, escuchando la sustentación del mismo por su autor y lo encuentran satisfactorio, por lo cual autorizan al egresado para que desarrolle las gestiones administrativas para optar al título de Ingeniero Civil.

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Director

Popayán, febrero de 2018

DEDICATORIA

Dedico éste trabajo a Dios por permitirme cumplir con éste sueño, por poner a mi lado a las personas indicadas, por guiar mis pasos y fortalecerme en los momentos difíciles.

A mis padres por su sacrificio y su apoyo incondicional, por creer en mí, animarme a ser mejor cada día y porque siempre hicieron lo posible para que nada me faltara en mi vida universitaria.

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente a Dios por la oportunidad de vivir.

A mi familia por apoyarme y guiarme en cada paso de mi vida universitaria.

A mis amigos por su acompañamiento y hacer más ameno el proceso de formación como Ingeniero Civil.

A mis maestros por compartir sus conocimientos.

A mi novia por estar a mi lado en todo momento y brindarme su apoyo

incondicional.

A la universidad del Cauca por abrirme sus puertas para crecer intelectual, espiritual y profesionalmente.

A la constructora GRACOL S.A.S. en especial a todos los trabajadores del proyecto Torres de Milano, por afianzar mis conocimientos y permitirme terminar este bello proceso de formación.

TABLA DE CONTENIDO

NOTA DE ACEPTACIÓN.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
TABLA DE CONTENIDO	6
LISTA DE TABLAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
INTRODUCCIÓN	12
1. OBJETIVOS.....	13
1.1. GENERAL.....	13
1.2. ESPECÍFICOS.....	13
1.3. COMPROMISOS Y ACTIVIDADES A DESARROLLAR.....	14
2. GENERALIDADES DEL PROYECTO	15
2.1. INFORMACION DE LA EMPRESA RECEPTORA EMPRESA RECEPTORA.....	15
2.1.1. Misión.....	15
2.1.2. Visión	15
2.1.3. Política de calidad	15
2.1.4. Objetivos de calidad.....	16
2.1.5. Estructura organizacional.....	16
2.1.6. Antecedentes	16
2.2. INFORMACION DEL PROYECTO	17
2.2.1. Localización del proyecto	17
2.2.2. Especificaciones generales de obra.....	17
2.2.3. Especificaciones técnicas	19
2.3. DISEÑO ESTRUCTURAL.....	19
2.4. DISEÑO ARQUITECTONICO.....	22
2.5. ESTUDIO DE SUELOS	23
3. DESARROLLO DE LA PASANTIA	27
3.1. CIMENTACIÓN.....	27

3.1.1.	Localización y adecuación del terreno	27
3.1.2.	Acero de refuerzo.....	29
3.2.	VIGAS Y VIGUETAS DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN.....	29
3.2.1.	Acero de refuerzo.....	29
3.2.2.	Vaciado del concreto.....	32
3.3.	INSTALACIÓN DE REDES SANITARIAS	33
3.3.1.	En la cimentación.....	33
3.3.2.	En un piso tipo	34
3.4.	CONSTRUCCIÓN DE MUROS Y LOSAS DE ENTRE PISO CON EL SISTEMA FORZA.....	35
3.4.1.	Localización	35
3.4.2.	Acero de refuerzo.....	35
3.4.3.	Armado de la formaleta.....	40
3.4.4.	Vaciado de concreto.....	44
4.	CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES	47
4.1.	CONTROL DE CONCRETO DE OBRA.....	47
4.1.1.	Control de asentamientos	47
4.1.2.	Control de resistencia.....	50
4.2.	CONTROL DE CALIDAD EN LOS AGREGADOS.....	53
4.2.1.	Arena.....	53
4.2.2.	Triturado.....	59
5.	CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA.....	62
5.1.	CANTIDADES DE OBRA PARA EL ACERO.....	62
5.2.	CANTIDADES DE OBRA PARA EL CONCRETO.....	62
6.	ANALISIS DE RESULTADOS	63
7.	CONCLUSIONES	64
8.	BIBLIOGRAFIA.....	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.Coordenadas, perforaciones para estudio de suelos.....	24
Tabla 2. Recorte registro de asentamientos del concreto producido en obra.	48
Tabla 3. Control para el asentamiento concreto producido en obra.....	49
Tabla 4. CONTROL DE LOS CILINDROS DE CONCRETO.	53
Tabla 5. CONTROL DE ARENA.	54
Tabla 6. CONTROL DEL AGREGADO GRUESO.	59

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1 Estructura organizacional Gracol S.A.S	16
Figura No. 2 Toma Aérea proyecto Torres de milano.....	17
Figura No. 3 Apartamento tipo A.....	18
Figura No. 4 Apartamento tipo B.....	19
Figura No. 5 Vista en PLANTA distribución Elementos de Borde (EB) dentro de un apartamento.....	20
Figura No. 6 Recorte plano de alzadas estructurales muro del eje 1, 34; entre elementos de borde EB1.	21
Figura No. 7 Recorte plano detalle de refuerzo transversal para elementos de borde.....	22
Figura No. 8 Vista aérea del diseño arquitectónico y urbanístico del condominio Torres de Milano.....	23
Figura No. 9 Ubicación puntos de perforación (vista satelital del lote Torres de Milano).....	24
Figura No. 10 Proceso de definición del terreno, proceso manual niveles con nylon.	27
Figura No. 11 Medición de densidad de campo para zonas de cimentación mejoradas con roca muerta.	28
Figura No. 12 Fundición solados de limpieza cimentación Torre E, interrumpida por ramales para posterior instalación de tubería.....	28
Figura No. 13 Acero de refuerzo losa inferior cimentación Torre E.	29
Figura No. 14 Despiece de viga de cimentación sentido longitudinal.	30
Figura No. 15 Despiece de viga de cimentación sentido transversal.....	30
Figura No. 16 Despiece de vigueta de cimentación sentido longitudinal y alfabético.	30
Figura No. 17 Estribo para vigas tipo 1.....	31
Figura No. 18 Estribo para vigas tipo 2.....	31
Figura No. 19 Estribo para vigas tipo 3.....	32
Figura No. 20 Acero de refuerzo vigas y viguetas cimentación Torre E, con arranque para el refuerzo de elementos de borde primer piso.	32
Figura No. 21 Vaciado de concreto para la losa superior, vigas y viguetas de la cimentación de Torre E.....	33

Figura No. 22 Arranques para instalaciones sanitarias de la Torre E a nivel de cimentación, diámetro 4”.....	34
Figura No. 23 Pases en losa para instalaciones sanitarias de la Torre E en un piso tipo.....	34
Figura No. 24 Cimbrado de un apartamento completo Forsa.....	35
Figura No. 25 Amarre de aceros de los elementos de primer piso de la Torre E...36	
Figura No. 26 Acercamiento del plano de alzadas de un muro de la Torre E.....	36
Figura No. 27 Detalles de la distribución de estribos, distribución de estribos en un elemento ya armado.....	37
Figura No. 28 Detalle de distribución de ganchos y dimensiones de estribos.....	38
Figura No. 29 Amarre de acero para dinteles.....	38
Figura No. 30 Malla electro soldada de muros o pantallas con pelos.....	39
Figura No. 31 Malla electro soldada, acero de refuerzo en losa.....	39
Figura No. 32 Armado de la formaleta Forsa para un apartamento tipo.....	40
Figura No. 33 Proceso de colocación de corbatas en la formaleta.....	41
Figura No. 34 Pin y cuña en acero utilizadas para asegurar las corbatas.....	41
Figura No. 35 plomada utilizada para garantizar la verticalidad de los muros.....	42
Figura No. 36 Apartamento encofrado listo para ser fundido.....	42
Figura No. 37 Formaleta de losa, resaltando el LOSA PUNTAL.....	43
Figura No. 38 Formaleta de losa montada en su totalidad.....	43
Figura No. 39 Fundición de apartamento.....	44
Figura No. 40 Proceso de vibrado en el momento de fundición.....	45
Figura No. 41 Proceso de “chipoteado” en el momento de fundición.....	45
Figura No. 42 Fundición losa de entre piso.....	46
Figura No. 43 Ficha técnica Sika Viscocrete PC2100-D.....	47
Figura No. 46 Prueba de asentamiento con el cono Slump en el punto de fundición.....	49
Figura No. 47 Prueba de asentamiento con el cono Slump en la salida de la planta.....	50
Figura No. 48 Ficha técnica Plastocreto 169 HE.....	51
Figura No. 49 Muestras de Concreto usado para fundir el apartamento.....	51
Figura No. 50 Prensa para ensayar cilindros a Compresión.....	52

Figura No. 53 Informe ensayo Granulometría NTC 77 y NTC 78, CONTROL DE ARENA.	55
Figura No. 54 Informe ensayo Solidez NTC 126, CONTROL DE ARENA.....	56
Figura No. 55 Informe ensayo Impurezas Orgánicas NTC 127, CONTROL DE ARENA.	57
Figura No. 56 Informe ensayo Arcillas y partículas deleznales NTC 589, CONTROL DE ARENA.	58
Figura No. 58 Informe ensayo Granulometría NTC 77 y NTC 78, CONTROL AGREGADO GRUESO.....	60
Figura No. 59 Informe ensayo Resistencia al desgaste NTC 93 y NTC 98, CONTROL AGREGADO GRUESO.	61

INTRODUCCIÓN

En cumplimiento a la resolución FIC – 820 de 2014 (Reglamento de Trabajo de Grado en la Facultad de Ingeniería Civil), mediante la cual se establece la modalidad de pasantía para optar por el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad del Cauca, se participó activamente como auxiliar de Ingeniería en la construcción de la Torre E del proyecto TORRES DE MILANO de la Constructora GRACOL S.A.S. para uso residencial en el municipio de Popayán departamento del Cauca.

Como Ingeniero Civil en formación del programa de ingeniería civil de la Universidad del Cauca fue de gran importancia complementar las enseñanzas obtenidas en el alma mater, y poner en práctica la teoría en los procesos constructivos y administrativos en la ejecución del proyecto.

La Constructora GRANDES Y MODERNAS CONSTRUCCIONES DE COLOMBIA GRACOL S.A.S contribuyó en el proceso formativo y educativo, ofreciendo la oportunidad de participar en la construcción de la Torre E del proyecto TORRES DE MILANO, brindando la oportunidad de realizar la pasantía, ofreciendo un escenario en el cual se pudo aplicar los conocimientos no solo técnicos sino sociales y a su vez adquirir experiencia laboral, que contribuyeron en la formación profesional integral.

El presente informe resume las labores realizadas en la ejecución del proyecto durante el periodo de la pasantía soportado en un registro fotográfico, donde se relacionan algunas actividades supervisadas referentes al desarrollo del proyecto en el cual se participó como auxiliar de ingeniería.

1. OBJETIVOS

1.1. GENERAL

Apoyar al proyecto CONDOMINIO TORRES DE MILANO, en el desarrollo de procesos constructivos de la estructura en obra gris y otros procesos secundarios que requieran el apoyo del pasante como auxiliar de ingeniería durante el periodo de ejecución de la pasantía misma.

Se realizarán actividades de apoyo al residente de la obra en la culminación de la Torre D desde el apartamento 901 y posteriormente en la ejecución de la cimentación de la Torre E (la última torre del proyecto).

1.2. ESPECÍFICOS

1. Inspeccionar que la obra se ejecute de acuerdo a los planos y diseños, con los cuales se licenció el proyecto.
2. Informar a la empresa oportunamente sobre daños, falta de suministros, posibles deficiencias en: materiales estructurales, procesos constructivos, equipos, mano de obra o cualquier otro factor que pueda afectar la construcción, y vigilar que se tomen los debidos correctivos. Todo lo anterior verificando que los parámetros establecidos por las distintas normas técnicas como la NSR 10.
3. Llevar el control de materiales tales como cemento, acero, agregados y arena entre otros en obra, sobre cantidad y calidad. Bajo los estándares de calidad de la empresa misma con sus debidos formatos para cada actividad.
4. Apoyo de cálculo de cantidades de obra ejecutada dentro de la parte estructural, para el posterior pago de actas.

1.3. COMPROMISOS Y ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- Actuar bajo la legalidad de la constitución colombiana en todos los ámbitos.
- Actuar en pro de las políticas de GRACOL S.A.S
- Actuar de manera proactiva para con el equipo de trabajo al mando de la residente Ximena Benítez.
- Apoyar la inspección y vigilancia de las buenas prácticas dentro del proceso constructivo de la estructura de torre D y la torre E.

2. GENERALIDADES DEL PROYECTO

2.1. INFORMACION DE LA EMPRESA RECEPTORA EMPRESA RECEPTORA



Nombre: GRACOL S.A.S NIT 900. 343.892-1

Dirección: Carrera 11N # 19 N - 29 barrio Catay

Teléfonos: 3186629076/ 3183352776 / (092) 8353550

Página web: www.gracolsas.com

Correo: ventas1@gracolsas.com

Tipo de sociedad: Sociedad por acciones simplificada

Actividad principal: Construcción

Gerente de proyectos: **Pedro Pablo Reyes.**

Ingeniero Jefe inmediato: **Ximena Benítez.**

Ingeniero administrativo: **Olmer Arboleda.**

2.1.1. Misión

GRACOL S.A.S Es una empresa gestora de proyectos de construcción de obras civiles de alta calidad, comprometida con la plena satisfacción de nuestros clientes mediante el mejoramiento continuo de sus procesos.

2.1.2. Visión

Durante los próximos cinco años, nos consolidaremos como líderes en la construcción de obras civiles de alta calidad en la Ciudad de Popayán, garantizando permanencia y estabilidad en el mercado.

2.1.3. Política de calidad

En GRACOL S.A.S enfocamos nuestros esfuerzos en la construcción de obras civiles de alta calidad que logran satisfacer las expectativas de nuestros clientes.

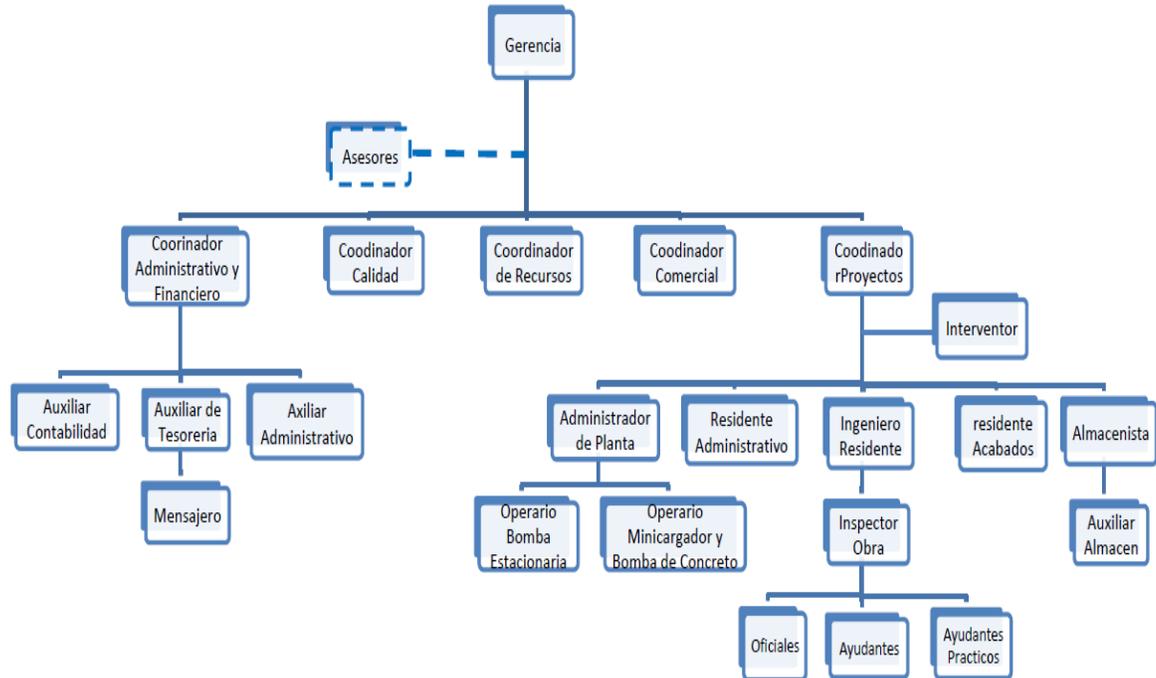
Garantizamos el bienestar y la competencia de nuestro personal, desarrollamos acciones que permitan alcanzar las metas esperadas, mantenemos relaciones mutuamente beneficiosas con nuestros proveedores y damos cumplimiento a los requisitos legales aplicables. Todo esto con el fin de lograr un mejoramiento continuo de nuestros procesos por medio del Sistema de Gestión de Calidad.

2.1.4. Objetivos de calidad

1. Incrementar la eficiencia de ejecución de los proyectos
3. Incrementar la satisfacción del cliente
4. Mejora del desempeño de los procesos
5. Generar programas de mantenimiento preventivo de Equipos, infraestructura física y tecnológica.

2.1.5. Estructura organizacional

Figura No. 1 Estructura organizacional Gracol S.A.S



Recorte del plan de interno de calidad de la empresa

2.1.6. Antecedentes

GRACOL S.A.S es una empresa gestora de proyectos de construcción de obras civiles de alta calidad en la ciudad de Popayán Cauca, comprometida con la plena satisfacción de sus clientes mediante el mejoramiento continuo en los procesos constructivos. GRACOL S.A.S cuenta con la certificación de Calidad Bajo la Norma ISO 9001: 08 de ICONTEC.

Dentro de los proyectos inmobiliarios construidos por GRACOL S.A.S. se tienen Condominio Marsella, Condominio Versalles, Torres de Milano, Condominio Venezia, Condominio D'Prieto.

2.2. INFORMACION DEL PROYECTO

2.2.1. Localización del proyecto

Figura No. 2 Toma Aérea proyecto Torres de milano.



Tomada de google maps.

El proyecto “TORRES DE MILANO” está ubicado en el antiguo club de tiro y caza los patojos en la ciudad de Popayán (Cauca), en el predio con dirección: transversal 9AN # 57N-161 (vía al bosque), este sector se clasifica como AR-3 (área residencial estrato 3). A él se puede acceder durante su construcción por la transversal 9AN (vía al bosque) y posteriormente se habilitará la entrada por la variante sector norte. Cerca al lote se encuentran varios conjuntos residenciales, entre ellos el del centro comercial TERRA PLAZA el cual se pretende abrir al público en el año 2017, también se encuentra cerca el complejo deportivo de la ciudad de Popayán. Por el rápido crecimiento que ha tenido este sector, es fácil encontrar gran variedad de restaurantes, droguerías, bancos y demás servicios complementarios.

El lote cuenta con una topografía relativamente plana, formada en dos terrazas, la cual fue aprovechada en el previo diseño arquitectónico lo que ha beneficiado al proyecto, que también cuenta con amplios espacios de zona verde, atravesados por senderos ecológicos para el confort de los residentes.

2.2.2. Especificaciones generales de obra

El proyecto “Torres De Milano” permitirá la construcción de 360 apartamentos, a manera multifamiliar en conjunto cerrado, enfocadas al estrato 3 de la ciudad de Popayán; tendrá dos accesos vehiculares, uno de ellos sobre la variante sector norte, el cual tendrá la total supervisión del instituto nacional de vías INVIAS,

debido a la importancia que reviste la conexión a una vía de tránsito rápido como lo es la variante norte de la ciudad de Popayán y el segundo acceso será sobre la transversal 9AN (vía al bosque), en carácter complementario.

El proyecto está conformado por 5 torres de 10 pisos cada torre, donde la totalidad de pisos son para apartamentos, con tres torres de 8 unidades por piso y 2 torres de 6 unidades por piso, que suman un total de 360 apartamentos, las torres cuentan con 360 parqueaderos privados que están incluidos en el valor de cada apartamento y 13 parqueaderos para visitantes. Los residentes también contarán con servicios como acceso a sendero ecológico, ascensor por torre, depósito de basuras por torre, zona de recreación, cancha en césped para microfútbol o voleibol, piscina para adultos y niños, salón social, zona comercial, además de amplias vías internas de circulación.

El desarrollo urbanístico del Conjunto contribuirá a la consolidación del sector, por las características residenciales y óptimas condiciones urbanísticas. El proyecto también gozará de las comodidades que brinda un conjunto cerrado, como lo son portería y vigilancia.

Todos los apartamentos contarán con servicios de acueducto, alcantarillado, red eléctrica y red de gas domiciliario. Este proyecto será construido por etapas, siendo cada torre una etapa; el inicio general de la construcción está fechado del 15 de mayo del 2015. En el proyecto torres de Milano se cuenta con dos (2) tipos de apartamentos el primero el tipo A (ver Figura No.3) que cuenta con tres alcobas, sala comedor, cocina, balcón y 2 baños. Y el apartamento tipo B (ver Figura No.4) el cual cuenta con cuenta con dos alcobas, estudio, sala comedor, cocina, balcón y 2 baños, cualquiera de los dos tipos de apartamentos tiene un área de 59 metros cuadrados.

Figura No. 3 Apartamento tipo A



Tomada del portafolio de ventas para el proyecto.

Figura No. 4 Apartamento tipo B

Diseño 2 habitaciones y estudio



Tomada del portafolio de ventas para el proyecto.

2.2.3. Especificaciones técnicas

Se construirán un total de cinco (5) edificios o torres que contarán con diez (10) pisos por cada torre, tres (3) de estas torres, estarán compuestas por 8 apartamentos en cada piso para un total de 80 unidades por Torre y las otras dos (2) edificaciones restantes estarán conformadas por 6 apartamentos por cada piso, para un total de 60 unidades por torre. El sistema estructural principal consiste en pantallas de concreto reforzado o sistema industrializado de construcción que logra procesos ordenados, rápidos y progresivos, aportando la rigidez y resistencia necesaria para cumplir con los límites de desplazamiento sísmico y las cargas verticales demandadas.

2.3. DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural que se trabajó para este proyecto se conoce como SISTEMA ESTRUCTURAL DE MUROS PORTANTES O SISTEMA INDUSTRIALIZADO, el cual está compuesto principalmente por pantallas de concreto reforzadas con mallas de acero electro soldadas de diversos diámetros que varían dependiendo la sollicitación de resistencia en cada pantalla o muro, además de ellos tenemos elementos de borde los cuales dentro del sistema juegan un papel importante respecto a transmisión de cargas dentro de la estructura. La concepción del sistema estructural está contemplada bajo las especificaciones técnicas de la

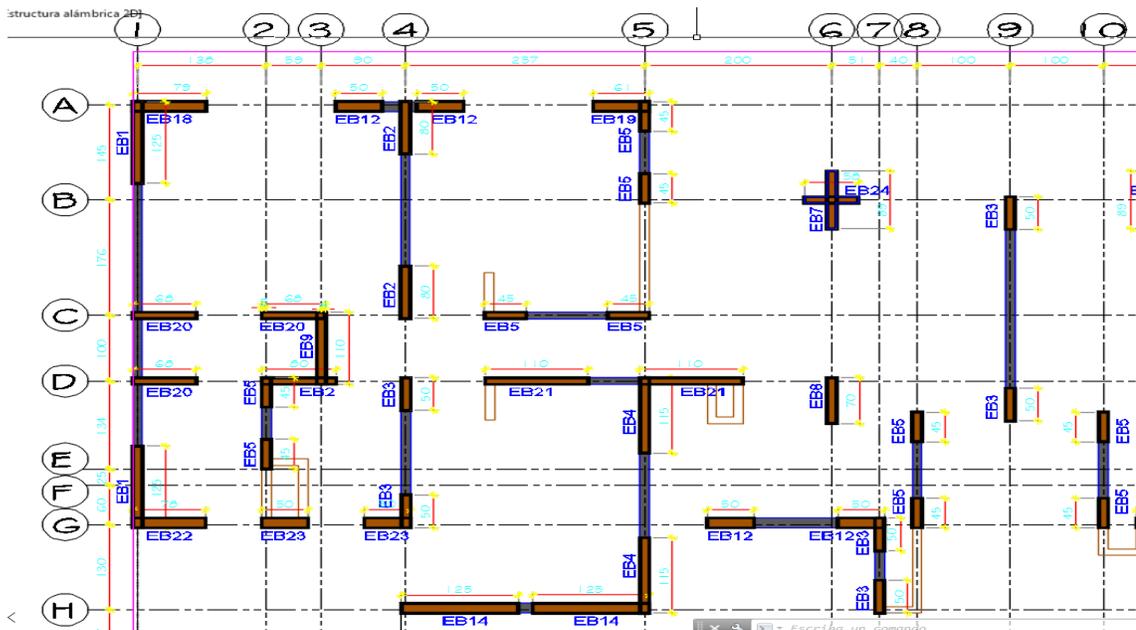
NSR-10, es decir que el diseño y construcción que se contempló para esta estructura cumple con todos los requisitos sobre una estructura de resistencia a los esfuerzos que las cargas tanto muertas como vivas pudieran generar.

Este diseño fue desarrollado por la firma SOLARTE Y CIA – INGENIEROS CALCULISTAS S.A.S; que es una firma que reúne un equipo altamente calificado para la realización del diseño estructural de las torres que a su vez formaran parte del condómino Torres de Milano.

Como se mencionó anteriormente el diseño está compuesto por pantallas y elementos de borde; los elementos de borde son elementos estructurales complementarios que refuerzan los muros continuos desde la cimentación hasta la cubierta en su zona de compresión la cual está dentro de la sección crítica por flexión y carga axial. Los elementos de borde se usaran en cuando la carga de compresión sea mayor a $0.20 F'c$ y podrán perder continuidad cuando dicha carga sea inferior a $0.15 F'c$.

A continuación se relaciona una vista en planta de un apartamento tipo con la distribución de los elementos de borde (ver Figura No.5) que interconectan la estructura de los MUROS PORTANTES, los cuales se ubican por medio de una localización orientada en los ejes tanto longitudinales como transversales del diseño mismo; los muros portantes son distribuidos para que la el diafragma rígido distribuya las cargas en ambas direcciones, es por ellos que la distribución de los muros se hace ideal cuando la sumatoria de las longitudes sea igual para ambas direcciones.

Figura No. 5 Vista en PLANTA distribución Elementos de Borde (EB) dentro de un apartamento.



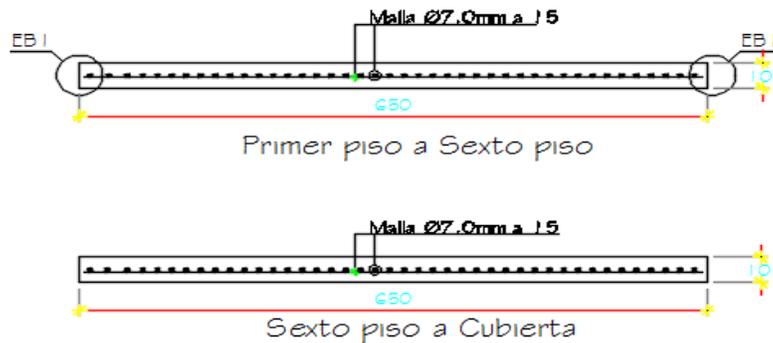
Tomado de planos estructurales del proyecto.

En total se diseñaron un total de 24 elementos de borde para este sistema estructural, cada uno tiene un despiece de refuerzo longitudinal en los planos conocidos como alzadas (ver Figura No.6) y a su vez cada uno cuenta con un plano que detalla de forma específica para cada elemento de borde el refuerzo transversal (ver Figura No.7).

Figura No. 6 Recorte plano de alzadas estructurales muro del eje 1, 34; entre elementos de borde EB1.

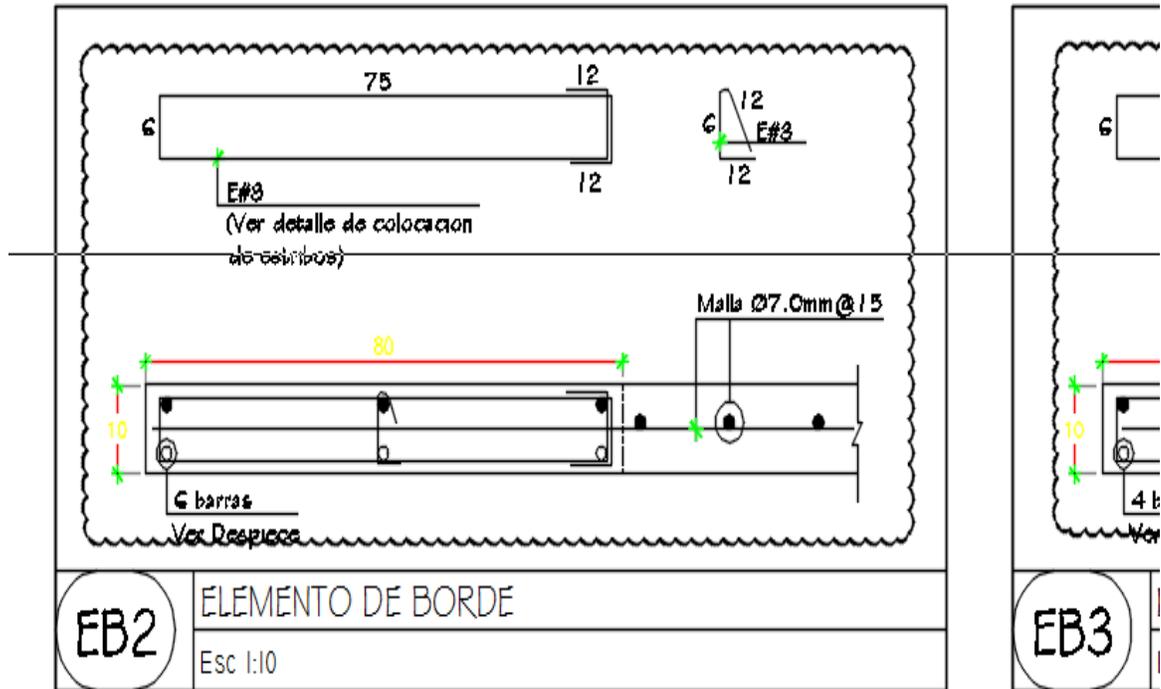


**MURO EJE 1,34 (Son 4)
ESC: 1 : 50**



Tomado de planos estructurales del proyecto.

Figura No. 7 Recorte plano detalle de refuerzo transversal para elementos de borde.



Tomado de planos estructurales del proyecto.

De la misma manera en la Figura No.6 Podemos ver el despiece de acero para refuerzo para los muros portantes en este caso mallas electro-soldadas de diámetro y dimensiones determinadas para cada muro en específico.

Por medio de los planos en planta y con el apoyo de los planos de alzadas se verifica que la construcción de la estructura se realizara de la forma correcta para que al terminar el proceso constructivo la estructura resultante sea realmente una estructura sismo resistente y pueda desempeñar a total satisfacción las especificaciones para las cuales fue concebida.

Para generar espacio en las pantallas portantes, este sistema estructural genera unas sub estructuras conocidas como dinteles de amarre, los cuales interconectan a su vez elementos de borde y se integran de forma óptima a la distribución de cargas a las que está sometida la estructura tanto vivas como muertas.

2.4. DISEÑO ARQUITECTONICO

El diseño arquitectónico del complejo habitacional Torres de Milano estuvo a cargo del Arquitecto Enrique Arcos, en este diseño se buscó hacer una completa utilización de los recursos dispuestos en el terreno donde se desarrolló la construcción del condominio. Se generaron 5 torres de 10 pisos con colores vivos

en su fachada, estos dan una sensación visual agradable a los moradores del condominio, acompañando las torres encontramos zonas verdes, el salón social, la zona de piscinas y como un adicional una plazoleta social que fue dispuesta sobre la losa superior del tanque de almacenamiento del complejo. Lo último nos deja entrever que el proyecto es un diseño arquitectónico amigable con los habitantes del condominio, generando espacios de dispersión para todos los gustos (ver Figura No.8).

Analizando el diseño arquitectónico interno de los apartamentos se observó que uno de los propósitos que se buscó fue que tuvieran la mejor distribución del área dispuesta para cada uno de ellos. Los colores interiores son suaves y brindan un ambiente confortable para la convivencia familiar, otro factor importante dentro del diseño fue la iluminación por lo que se tiene ventanas de buenas dimensiones para lograr contar con iluminación natural en gran parte del día, además de lo mencionado también se cuenta con una puerta corrediza en vidrio que hace que este factor de iluminación se vea beneficiado.

Figura No. 8 Vista aérea del diseño arquitectónico y urbanístico del condominio Torres de Milano.



Tomada de diseño arquitectónico del proyecto.

2.5. ESTUDIO DE SUELOS

Para el estudio de suelos se contrató con la empresa GIRF ingeniería S.A.S de la ciudad de Cali. La empresa en mención realizó un estudio de suelos que bajo las revisiones que ellos desarrollaron de acuerdo con el área del lote, el número de pisos y sótanos, así como la complejidad de la edificación, definida con los

parámetros del Reglamento Colombiano de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10, se planificó y ejecutó la siguiente serie de trabajos:

Inicialmente se realizaron las perforaciones. Empleando el método de perforación a percusión sin lavado, se realizaron doce (12) perforaciones, que se llevaron hasta una profundidad máxima de 20.0 m, en la cual se considera que los esfuerzos causados por las cargas de la edificación son mínimas y no afectan la estructura del suelo.

La ubicación de las perforaciones se determinó con un GPS Garmin, cuyas coordenadas se muestran a continuación en la tabla 1 y se ubicaron satelitalmente y en el plano topográfico del lote (ver Figura No.9).

Tabla 1. Coordenadas, perforaciones para estudio de suelos.

PERFORACIONES	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
P – 1	767020	1054740
P – 1	766979	1054763
P – 3	767004	1054793
P – 4	766976	1054792
P – 5	766979	1054861
P – 6	766929	1054871
P – 7	766967	1054915
P – 8	766930	1054910
P – 9	766952	1054728
P – 10	766917	1054748
P – 11	766911	1054808
P – 12	766896	1054829

Tomada del estudio de suelos contratado para el proyecto.

Figura No. 9 Ubicación puntos de perforación (vista satelital del lote Torres de Milano).



Tomada del estudio de suelos contratado para el proyecto.

Las perforaciones permitieron dar paso a un ensayo de penetración estándar, el cual es una prueba dinámica sencilla, que se realiza a medida que se hacen las perforaciones y permite obtener la resistencia del suelo en sitio. La mecánica de la prueba y el equipo a utilizar corresponden a lo descrito en la norma ASTM D 1586-67 y en resumen consiste en hincar en el estrato de interés un muestreador del tipo Cuchara Partida (Split Spoon Sampler) de diámetro 2", golpeándolo con un martillo de 140 Lbs de peso, que se deja caer en forma libre desde 30" de altura, contando el número de golpes necesarios para lograr una penetración de 1 Pie, este número, se anota como N y es el resultado de la prueba. La prueba, se repitió, en cada una de las perforaciones, a intervalos de profundidad de 1.50 m.

Adicionalmente al realizar cada ensayo de penetración estándar, se tomó una muestra alterada del recobro de la cuchara.

Las muestras inalteradas con tubos Shelby, se tomaron a las profundidades indicadas en los registros de perforación.

Por ultimo las muestras obtenidas, se llevaron al laboratorio de suelos, en donde se desarrollaron las siguientes pruebas:

- Humedad Natural ASTM D 2216
- Límites de Atterberg ASTM D 4318
- Gradación por tamiz ASTM D 422
- Compresión Inconfinada ASTM D 2166-91
- Gravedad específica de sólidos ASTM D-854-02
- Ensayo de Consolidación ASTM D-2435-90

- CBR de campo ASTM D- 1883

Luego del proceso de laboratorio al que fueron sometidos los materiales obtenidos en el proceso anterior se recibe un informe que concluye y recomienda a la constructora ciertas medidas que debe realizar para que las estructuras que en el proyecto se contemplan terminen de la mejor manera posible. Dichas recomendaciones están orientadas en los enfoques de un sistema de fundación las cuales corresponden a:

- Zapatas Individuales
- Losa de Cimentación aligerada con casetones
- Losa de Cimentación apoyada en pilotes
- Zapatas o Cimientos corridos con mejora del suelo

Luego encontramos las condiciones por medio de las cuales se deberán hacer los muros de contención, la zona de piscinas, el tanque de almacenamiento del condominio. En el siguiente capítulo del estudio de suelos encontramos las recomendaciones relacionadas con las excavaciones que se deberán hacer en el terreno para:

- Los sótanos
- Edificaciones sin sótano
- Cimentación Superficial y piscina
- Construcción de columnas de grava

Por último el estudio de suelos deja por sentado unas limitaciones que tiene el terreno y las cuales no se podrán transgredir bajo ninguna causa puesto que estas condiciones podrían poner en riesgo cualquier estructura que sobre el mismo se construyera.

3. DESARROLLO DE LA PASANTIA

3.1. CIMENTACIÓN

3.1.1. Localización y adecuación del terreno

Según el estudio topográfico que se hizo previamente, se tenía un punto base para el trazado del área donde quedaría la torre E. Luego de que el maestro realizara la localización de los puntos perimetrales del área de influencia de dicha torre, el pasante revisó que tuviera las distancias exactas del área en plano; luego de que el pasante verificara que todo estaba de forma correcta, se procedió a excavar a la profundidad de trabajo requerida para que al fundir la losa de cimentación se tuviera el nivel deseado de la torre E, contemplado dentro del proyecto previamente; el pasante fue el encargado de chequear las medidas para garantizar dichos niveles.

Inicialmente la maquinaria pesada no define muy bien el terreno al nivel óptimo, por lo cual se ve necesario hacer utilización de un grupo de trabajadores los cuales de forma manual disponen en terreno al nivel óptimo requerido (ver figura No.10); en esta parte el pasante se encargó de medir la profundidad del terreno desde los niveles guía con nylon.

Figura No. 10 Proceso de definición del terreno, proceso manual niveles con nylon.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

En algunas zonas dentro del área de influencia de la torre E se encontró que había segmentos de terreno que no cumplían con la densidad óptima necesaria y especificada en el estudio de suelos previo por lo cual se debió hacer mejoramiento de la densidad por medio de un proceso de compactación de roca

muerta en los sitios indicados (ver Figura No.11), el pasante fue el encargado de generar un plano referenciando los puntos donde se tomaron las densidades de campo y las zonas que se debieron mejorar con roca muerta.

Figura No. 11 *Medición de densidad de campo para zonas de cimentación mejoradas con roca muerta.*



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

Cuando todo el terreno estuvo en las condiciones óptimas de densidad y nivel se procedió a la fundición del solado de limpieza con espesor de 5 cm (ver Figura No. 12) en un concreto de 21 Mpa, procesado en la planta mezcladora interna de la obra.

El maestro y el pasante fueron los encargados de colocar niveles de referencia con nylon para posteriormente hacer lecturas al tallado de los solados, todo esto con el fin de garantizar el espesor del solado mismo. Así mismo el pasante revisó que se dejaran los ramales por donde irían los tramos de las tuberías.

Figura No. 12 *Fundición solados de limpieza cimentación Torre E, interrumpida por ramales para posterior instalación de tubería.*



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

3.1.2. Acero de refuerzo

La losa de cimentación es de tipo aligerada que esta soportada en su diseño por una losa inferior de 10 cm de espesor y una malla de acero en barras de $\frac{1}{2}$ " de diámetro (#4) dispuestas en una separación de 20 cm tanto longitudinal como transversal en el área de influencia de la cimentación la Torre E (ver Figura No.13), en esta parte el pasante estuvo encargado de verificar que la malla se realizara con las medidas y diámetros correctos. Para poder cumplir con las distancias previstas en el diseño de la cimentación el pasante y el maestro revisaron que la parrilla estuviera las panelas de concreto en forma de cubo de 3 cm de lado, que se utilizaron para garantizar el recubrimiento necesario para evitar la corrosión del acero de refuerzo, estuvieran bien distribuidas.

Figura No. 13 Acero de refuerzo losa inferior cimentación Torre E.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

3.2. VIGAS Y VIGUETAS DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN

En esta parte el pasante fue el encargado de revisar los diámetros, figuraciones, longitudes de todos y cada uno de los elementos de acero armados cuando dichos elementos estaban completos.

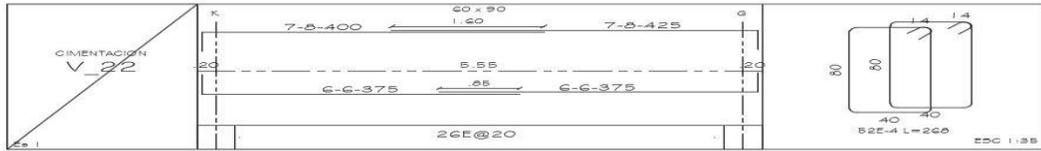
Cuando un elemento tenía un error se informaba al jefe de herreros para que se realizaran las correcciones necesarias.

3.2.1. Acero de refuerzo

Las vigas y viguetas de la losa de cimentación diseñadas para este proyecto constan de las siguientes dimensiones:

- Vigas en sentido longitudinal (numerado): (ver Figura No.14)
- Altura: 0.9 metros.
- Ancho: 0.6 metros.

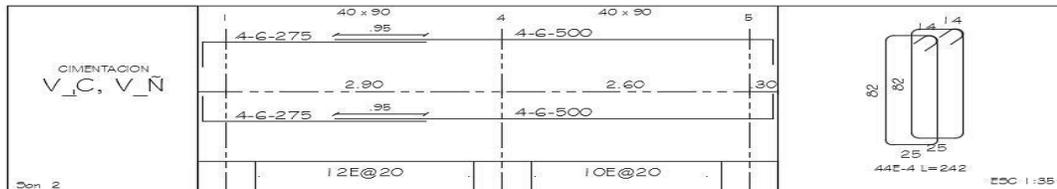
Figura No. 14 Despiece de viga de cimentación sentido longitudinal.



Tomado del plano de despiece para elementos estructurales.

- Vigas en sentido transversal (alfabético):(ver Figura No.15)
- Altura: 0.9 metros.
- Ancho: 0.4 metros.

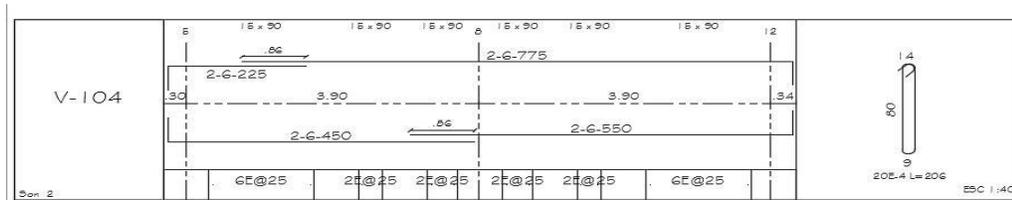
Figura No. 15 Despiece de viga de cimentación sentido transversal.



Tomado del plano de despiece para elementos estructurales.

- Viguetas en sentido longitudinal y transversal:(ver Figura No.16)
- Altura: 0.9 metros.
- Ancho: 0.15 metros.

Figura No. 16 Despiece de vigueta de cimentación sentido longitudinal y alfabético.



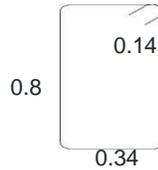
Tomado del plano de despiece para elementos estructurales.

Según el diseño estructural se tienen tres tipos de estribos en acero de ½ pulgada y separaciones variables las cuales se detallan en el plano de despiece para cada viga.

Estribos para vigas tipo 1: (ver Figura No.17)

- Altura: 0.8 metros.
- Ancho de 0.34 metros.
- Gancho: 0.14 metros.

Figura No. 17 Estribo para vigas tipo 1.

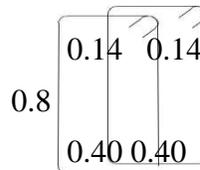


Tomado del plano de despiece para elementos estructurales.

Estribos para vigas tipo 2: (ver Figura No.18)

- Altura: 0.8 metros.
- Ancho de 0.40 metros.
- Gancho: 0.14 metros.
- Cantidad: 2 Unidades

Figura No. 18 Estribo para vigas tipo 2.



Tomado del plano de despiece para elementos estructurales.

Estribos para vigueta tipo 3. (ver Figura No.19)

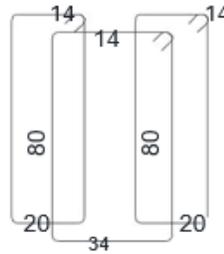
Estribo A

- Altura 0.8 m
- Ancho 0.34 m
- Gancho 0.14 m
- Cantidad 1

Estribo B

- Altura 0.8 m
- Ancho 0.2 m
- Gancho 0.14 m
- Cantidad 2

Figura No. 19 Estribo para vigas tipo 3.



Tomado del plano de despiece para elementos estructurales.

Figura No. 20 Acero de refuerzo vigas y viguetas cimentación Torre E, con arranque para el refuerzo de elementos de borde primer piso.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

Antes del proceso de fundición de la cimentación el pasante revisó que estuvieran todas las proyecciones del acero de refuerzo para los muros en el primero piso las cuales se pueden ver en la Figura No.20, estas proyecciones se traslaparan de acuerdo a los planos estructurales con el acero de refuerzo para los elementos de la estructura en el segundo piso. De la misma manera siempre se pasará y seguirá traslapando el acero piso a piso hasta llegar a la cubierta, el encargado de revisar dichos traslapos fue el pasante apoyado en la tabla de traslapos dependiendo el diámetro de la barra correspondiente.

3.2.2. Vaciado del concreto

Previo a la fundición el pasante debió chequear el armado de acero de refuerzo con base en los planos de despiece para cada elemento de la estructura, además

él debió hacer una revisión previa de las instalaciones hidráulicas y eléctricas. Habiendo completado el proceso de liberación se dio paso a la fundición de la estructura que complementaría la cimentación de la Torre E. El concreto utilizado de un concreto de 21 Mpa procesado en la planta interna de la obra. Para garantizar las dimensiones de los elementos en la cimentación se utilizaron casetones de esterilla de guadua (Figura No.21).

Figura No. 21 Vaciado de concreto para la losa superior, vigas y viguetas de la cimentación de Torre E.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

Posterior a la colocación del concreto en los elementos se procedía a la vibración del mismo para lograr una densidad óptima de concreto en los elementos sometidos a dicho proceso de fundición, al momento de la fundición el pasante estaba encargado de que todos los elementos fueran vibrados correctamente.

3.3. INSTALACIÓN DE REDES SANITARIAS

3.3.1. En la cimentación

La instalación de redes sanitaria se hace desde la fundición de solados de limpieza dejando los tramos de tubería más profundos ya instalados y complementando su instalación a medida que se eleva el nivel de construcción de la misma. Los tubos dispuestos son tubos en PVC de 4" de diámetro que hace la recolección y conducción vertical (ver Figura No.22), los anteriores están conectados a una red de tubería de 6" que está bajo tierra con una pendiente del 1% longitudinal. El pasante se encargó de verificar que las excavaciones donde se instalarían las tuberías se hicieran con las pendientes correctas y que dichas tuberías fueran del diámetro correcto dependiendo el tramo del mismo.

Figura No. 22 Arranques para instalaciones sanitarias de la Torre E a nivel de cimentación, diámetro 4”.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

3.3.2. En un piso tipo

Para poder hacer la configuración de la red sanitaria; simultáneamente al amarrado de acero de losa superior en cada apartamento, se colocaban tramos de tubo de 4” que se denominaban pases sanitarios en losa y se dejaba un buitrón para la instalación de la batería sanitaria en la zona de baños (ver Figura No.23). El pasante revisaba que estos estuvieran en el punto exacto para que luego de la fundición se pueda hacer la colocación de los tubos verticales que conformarían el sistema sanitario haciendo la recolección desde el 10 piso hasta la red principal de la torre.

Figura No. 23 Pases en losa para instalaciones sanitarias de la Torre E en un piso tipo.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

3.4. CONSTRUCCIÓN DE MUROS Y LOSAS DE ENTRE PISO CON EL SISTEMA FORZA

3.4.1. Localización

El pasante revisaba el proceso de cimbrado el cual se hace para la correcta localización de cada elemento que conformaba la estructura (elementos de borde o pantalla). Este proceso consiste en hacer un esquema de todo el apartamento a fundir en la losa del piso inmediatamente anterior, haciendo utilización de un hilo de mineral color rojo. El proceso de cimbrado se realiza y era revisado en base a los planos de planta del piso tipo. El resultado del proceso anterior permite tener una guía para la colocación de la formaleta vertical denominada formaleta de muro en el equipo de modulación Forsa (ver Figura No.24).

Figura No. 24 Cimbrado de un apartamento completo Forsa.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

3.4.2. Acero de refuerzo

En todo este proceso el pasante fue el encargado de chequear los diámetros y traslapos, cantidad de estribos en cada elemento tanto en muros como en dinteles. Luego del amarre completo para cada apartamento él informó al jefe de herreros sobre los errores para su correspondiente corrección.

En la construcción de la losa de cimentación se colocaron los arranques de elementos de borde los cuales hacen parte del refuerzo del primer piso, adicionalmente se colocó el acero faltante del primer piso para cumplir con la

cuantía de acero del primer piso y que servirá como arranques para los apartamentos del segundo piso y se colocaran los estribos de los elementos de borde (ver Figura No.25).

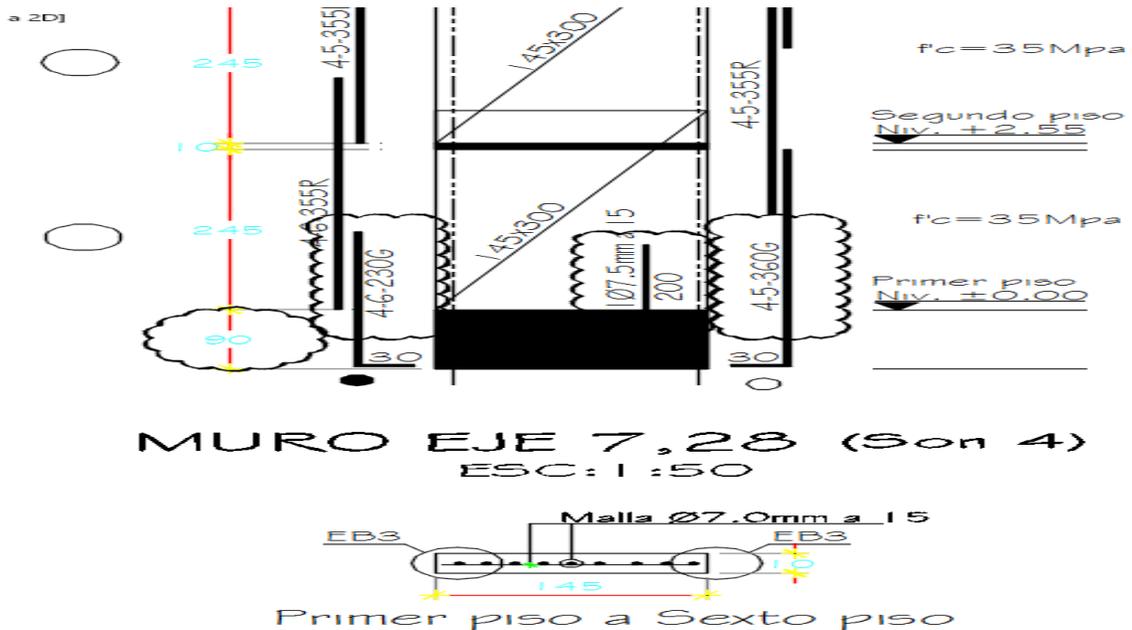
Figura No. 25 Amarre de aceros de los elementos de primer piso de la Torre E.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

El amarre de los elementos de borde se realizó de acuerdo al diseño plasmado en el plano conocido como alzadas (ver Figura No.26), las barras de acero que se colocaran tienen una longitud de 3.55 metros y se deberán traslapar a las barras que están ancladas en la losa de cimentación.

Figura No. 26 Acercamiento del plano de alzadas de un muro de la Torre E.



Recorte plano de alzadas.

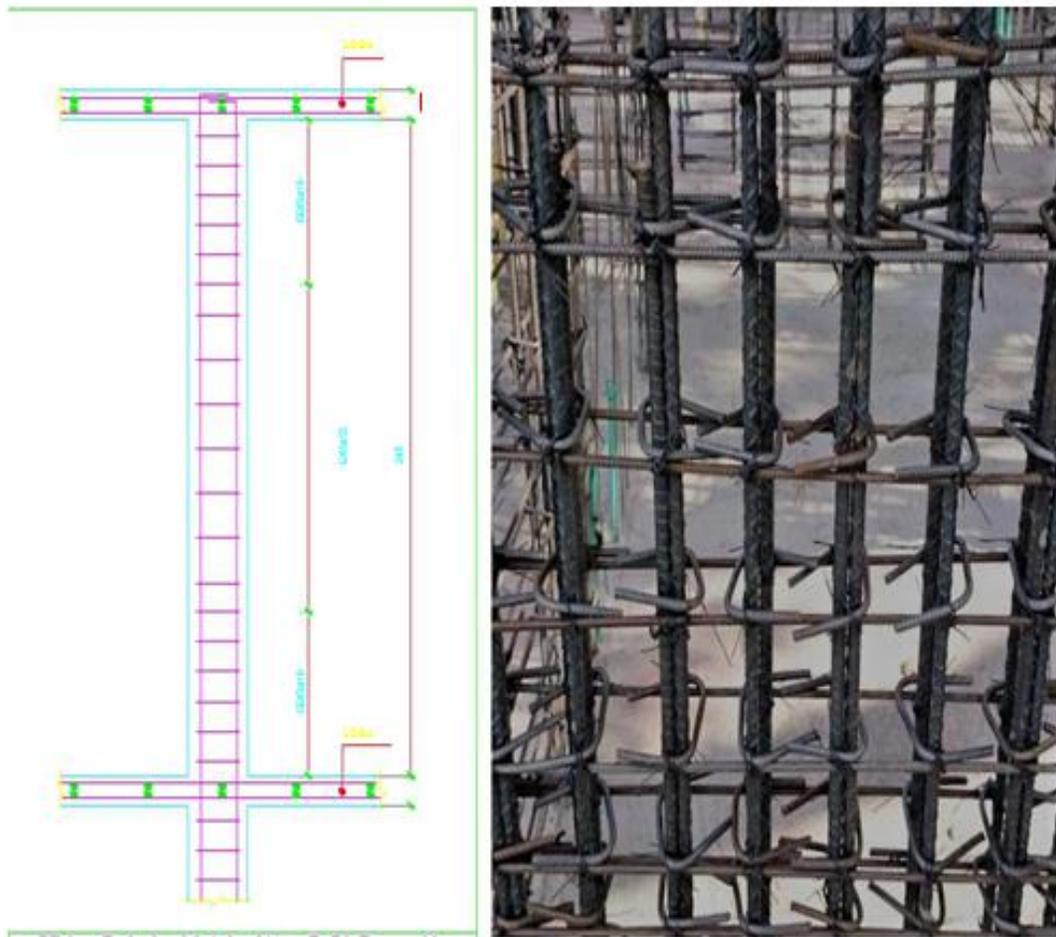
Los traslapes de las barras cortas y largas se colocaron de la siguiente forma:

A cada barra corta, se le traslapó una barra de 3.55 metros cumpliendo un traslapo de 1 metro, que es la misma longitud la cual sobresale la barra de la losa de cimentación.

A cada barra larga, se le traslapó una barra de 3.55 metros cumpliendo con un traslapo de 1 metro.

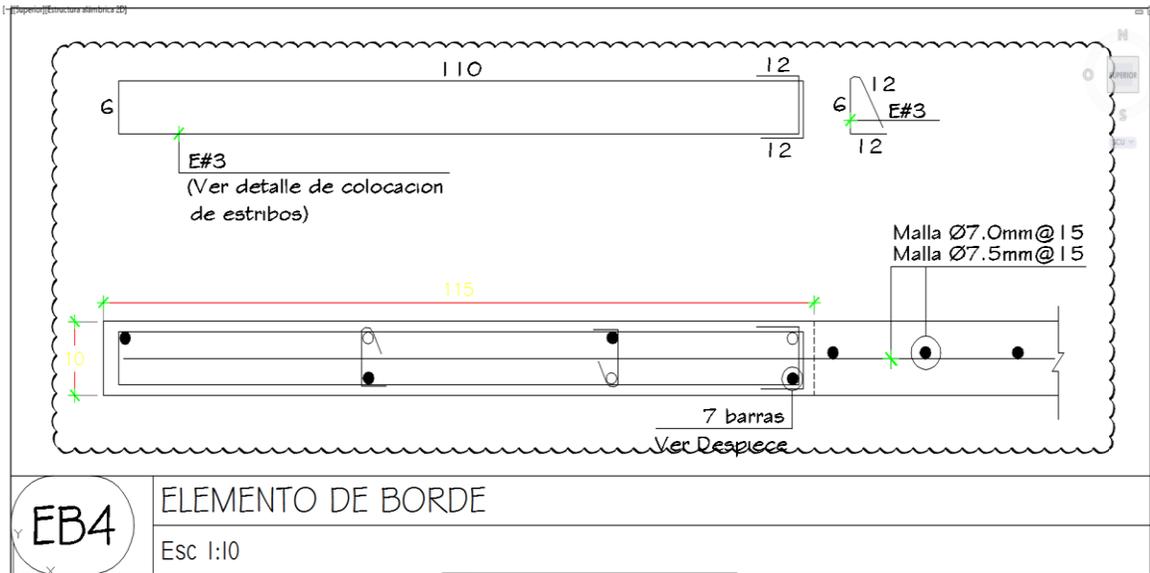
Después de haber colocado las barras longitudinales en su posición, se procedió con el amarre de estribos en los elementos de borde, el número de estribos a que se colocaron en cada elemento de borde fue de 19 estribos siguiendo las separaciones indicadas en el plano de alzadas (ver Figura No.27), dependiendo del tamaño del elemento de borde se colocaron ganchos con la posición de acuerdo al diseño de cada elemento de borde ya que se tuvieron 24 tipos de elementos para el primer piso (ver Figura No.28).

Figura No. 27 Detalles de la distribución de estribos, distribución de estribos en un elemento ya armado.



Recorte de planos estructurales y Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

Figura No. 28 Detalle de distribución de ganchos y dimensiones de estribos.



Recorte de planos estructurales.

Para el acero dinteles los cuales permiten crear vanos en los muros para la construcción de espacios en los muros que serán ocupados por puertas y ventanas, las vigas dintel se refuerzan con acero de acuerdo al diseño del despiece y se deberán amarrar antes de la fundición del apartamento. (Ver Figuras No.29).

Figura No. 29 Amarre de acero para dinteles.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

El acero de refuerzo de los muros o pantallas están conformadas por los elementos de borde y malla cuadriculada electro soldada con extensiones a los lados conocidos en obra como “pelos” (ver Figura No.30) los cuales se colocaron entre los elementos de borde, esta malla se amarró en la ubicación especificada en el plano de alzadas y con el diámetro igualmente especificado en este plano.

Figura No. 30 Malla electro soldada de muros o pantallas con pelos.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

El acero de refuerzo en losa conformado por dos mallas electro soldadas una inferior y otra superior y las redes eléctricas, de telecomunicaciones y pases sanitarios como se describió en capítulos anteriores. Fue de gran importancia verificar que las mallas inferior y superior estuvieran separadas adecuadamente utilizando los separadores adecuados (Ver Figura No.31).

Figura No. 31 Malla electro soldada, acero de refuerzo en losa.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

3.4.3. Armado de la formaleta

El sistema de construcción industrializado, es un sistema de construcción sencillo, modular, rápido y muy rentable con el que se logran estructuras sismo-resistentes en concreto de alta calidad y durabilidad; permitiendo que en el mismo día se puede armar el encofrado y realizar el proceso de fundición de cada apartamento (ver Figura No.32).

Encofrado en aluminio FORSA ALUM es más rápido que cualquier otro sistema porque es liviano, fácil armar y desarmar y de transportar manualmente de un piso a otro sin necesidad de utilizar grúas.

Cada equipo de formaletas puede ser utilizada entre 1.500 y 2.000 veces en unidades de vivienda, dependiendo del uso y cuidado tales como el uso de desmoldantes que permitan su fácil retiro después del proceso de endurecimiento del concreto.

Figura No. 32 Armado de la formaleta Forsa para un apartamento tipo.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

La formaleta en aluminio tipo Forsa se coloca en ambas caras del muro y son separadas por dilatadores en acero llamados comúnmente corbatas aseguradas con pines y cuñas en acero (ver Figuras No.33y No.34) debido a su forma, estas corbatas actúan como dilatadores sujetadores al mismo tiempo, las cuales no permiten que el muro varíe en su espesor ni aumentándolo debido a los esfuerzos provocados por el vaciado del concreto ni disminuyéndolo debido a los esfuerzos provocados por el apuntalamiento que se le aplican a la formaleta para garantizar su verticalidad o plomo. El pasante chequeó en obra para cada muro de cada apartamento el número de corbatas por formaleta, que todos los pines estuvieran en su sitio y era el encargado en conjunto con el maestro de hacer lecturas en las plomadas para garantizar la verticalidad de los muros mismos (ver Figura No.35).

El pasante en conjunto con el maestro se encargó de informar de forma oportuna que los elementos anteriormente descritos comenzaban a presentar algún tipo de deterioro o si había pérdida del equipo por ejemplo en el caso de los pines y cuñas.

Figura No. 33 *Proceso de colocación de corbatas en la formaleta.*



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

Figura No. 34 *Pin y cuña en acero utilizadas para asegurar las corbatas.*



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

Figura No. 35 *plomada utilizada para garantizar la verticalidad de los muros.*



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

Cuando el apartamento estaba armado en un 100% el pasante y el maestro realizaban una última revisión por fachada e internamente para buscar detalles de la formaleta que podrán generar errores consecuentes. En la Figura No.36 se observa el apartamento armado en su totalidad listo para fundirse.

Figura No. 36 *Apartamento encofrado listo para ser fundido.*



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

En cuanto a la formaleta de losa, esta se apoya toda a un soporte conocido como losa puntal (ver Figura No.37) que es puesto en el centro del espacio modulado y este a su vez está apoyado en un gato desde la losa superior del piso inferior; las demás formaletas son sujetadas al losa puntal y entre sí por medio pines con cuña y pin grapa. La formaleta de losa se conecta a la formaleta de uniones muro-losa conocidos como EQL, quedando así la formaleta fijada y sujeta en todos los sentidos (ver Figura No.38); el nivel de la losa se maneja desde la formaleta dado que ella en los extremos tiene el nivel guía gracias a la formaleta de muros y en el centro del espacio se nivela con la ayuda del gato. El pasante era el encargado de revisar que todos los gatos necesarios para garantizar un corrector soporte del concreto en la fundición estuvieran puesto, además revisaba la nivelación que hacía el maestro con los trabajadores.

Figura No. 37 Formaleta de losa, resaltando el LOSA PUNTAL.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

Figura No. 38 Formaleta de losa montada en su totalidad.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

3.4.4. Vaciado de concreto

Cuando el pasante ya había verificado todo el proceso de armado de la formaleta, chequeado que los puntos eléctricos y pases sanitarios; el pasante informaba a la ingeniera residente quien revisaba de forma rápida y daba el aval para que el apartamento fuera fundido.

Los muros se fundieron con concreto de resistencia de 35 mega pascales (5000 psi) por ser primer piso con aditivo viscocrete de Sika para fluidificar la mezcla con el fin de no sufrir atascamientos de mezcla en la tubería que conduce el concreto desde la planta de mezclado de la obra hasta el apartamento que se funde y plastocrete HE 169 como acelerante lo que permitía desencofrar al día siguiente de la fundición.

El agregado utilizado fue de tamaño ½ pulgada, lo que permitió un fácil paso de la mezcla en las pantallas que tenían alta densidad de acero.

El cemento que se utilizó fue cemento estructural Argos de silo el cual está en la planta de mezclado de la obra. El proceso de fundición de cada apartamento, se desarrolló de manera progresiva, en este proceso el pasante se encargaba de controlar que la fundición se realizara en forma de caracol, con el fin de no sobrecargar un solo lado de la formaleta y que provocara desplome en los muros (Ver Figura No.39).

Figura No. 39 Fundición de apartamento.



Fotografía tomada por Juan Diego Pineda.

Como en todos los procesos de fundición en obra el pasante se encaró de verificar que se usara un vibrador con punta de aguja de diámetro 22mm, lo que permitió la entrada a las pantallas y proporcionar un buen vibrado para evitar la presencia de hormigueros sin segregar el material (ver Figura No.40). Además, el pasante en compañía del maestro se encargaba de controlar que todos y cada uno de los elementos fueran vibrados de forma correcta.

Figura No. 40 *Proceso de vibrado en el momento de fundición.*



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

En el momento de fundición, se golpeó la formaleta con un martillo de goma a éste proceso se le llama en obra como proceso de “chipoteo” el cual mediante el sonido que emitía ese golpe permitió saber si la pantalla estaba completamente llena o faltaba por agregarse concreto (ver Figura No.41).

Figura No. 41 *Proceso de “chipoteado” en el momento de fundición.*



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

La losa de entrepiso se fundió con concreto de resistencia 21 mega pascales (3000 psi) con aditivo viscoconcreto de Sika para fluidificar la mezcla lo que permitió la conducción del concreto por la tubería desde la planta de mezclado hasta el apartamento que se fundió y plastocreto HE 169 como acelerante que permitió desencofrar al día siguiente de la fundición (ver Figura No.42).

Figura No. 42 Fundición losa de entre piso.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

Durante el proceso de fundición de la losa el pasante se encargaba de revisar que el nivel de tallado fuera el nivel óptimo para la losa y así evitar problemas en el armado de la formaleta en el piso inmediatamente superior.

El proceso de desencofrado se realiza al siguiente día de la fundición, dicho proceso es de fácil realización gracias a la utilización de un desmoldante de la casa SIKA conocido como separol ecológico. Posterior a ello se procede a la colocación y armado de la formaleta para el apartamento siguiente, repitiendo todo el proceso anteriormente expuesto.

Cuando el apartamento es desencofrado, el pasante se encargaba de controlar los tiempos en los cuales se debía hacer el proceso de curado, dicho proceso era realizado por el maestro. Dicho proceso era regar los apartamentos por dentro y por fuera en muros tres veces al día por un tiempo de media hora durante los cinco días siguientes al desencofrado del mismo. Para las losas se pone un aspersor que trabaja con los mismos tiempos.

Por otro lado, para el posterior control de resistencias del concreto el pasante se encargaba de hacer tomar las muestras durante la fundición, en cada fundición se tomaron 12 cilindros los cuales se tomaban del décimo metro cubico en cada fundición, cuando la fundición era de apartamento o en el metro cubico medio de la cantidad requerida para cualquier otra estructura.

4. CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES

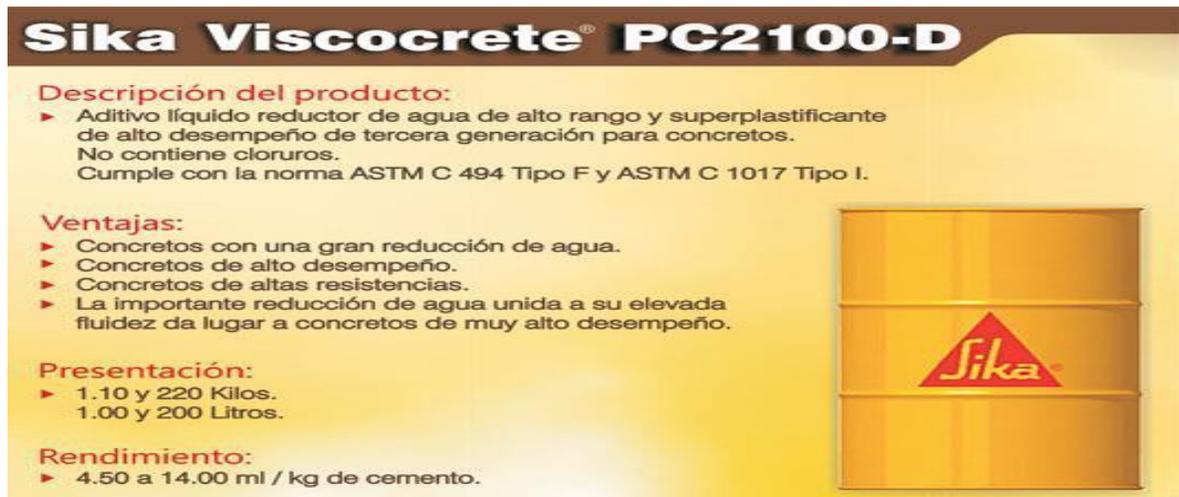
4.1. CONTROL DE CONCRETO DE OBRA

4.1.1. Control de asentamientos

Para el proceso de preparación del concreto el pasante en conjunto con la geotecnóloga de la obra realizaron un previo estudio de los materiales a utilizar como lo son el agregado grueso que es un triturado de tamaño máximo nominal 1/2", un agregado fino es una arena traída desde el puerto y cemento tipo estructural Argos.

Adicionalmente el diseño de mezcla tiene apoyo de aditivos, que para el caso el que nos interesa es el Súper plastificante Viscocrete PC2100-D de Sika. A continuación, se relaciona la ficha técnica del aditivo anteriormente mencionado (ver Figura No.43).

Figura No. 43 *Ficha técnica Sika Viscocrete PC2100-D.*



Sika Viscocrete® PC2100-D

Descripción del producto:

- ▶ Aditivo líquido reductor de agua de alto rango y superplastificante de alto desempeño de tercera generación para concretos. No contiene cloruros. Cumple con la norma ASTM C 494 Tipo F y ASTM C 1017 Tipo I.

Ventajas:

- ▶ Concretos con una gran reducción de agua.
- ▶ Concretos de alto desempeño.
- ▶ Concretos de altas resistencias.
- ▶ La importante reducción de agua unida a su elevada fluidez da lugar a concretos de muy alto desempeño.

Presentación:

- ▶ 1.10 y 220 Kilos.
- ▶ 1.00 y 200 Litros.

Rendimiento:

- ▶ 4.50 a 14.00 ml / kg de cemento.



Recorte del catálogo oficial de SIKA en internet.

El concreto en esta obra es bombeado por una tubería de acero, de diámetro 5"; desde la planta hasta el sitio de fundición. Con el efecto térmico del sol dicha tubería genera pérdidas de humedad en el concreto que está fluyendo por ella.

Para poder tener control en los problemas en la resistencia por modificaciones en la relación agua cemento, problemas en la conducción y por último en la colocación del concreto y su flujo normal en la formaleta, se hace un control de

asentamiento tanto en la planta de producción como en el sitio del vaciado, debiendo cumplir con el asentamiento de diseño en los dos puntos de evaluación.

El asentamiento del concreto medido en la obra por medio del ensayo de cono de Slump debe dar en planta 9.5 y en el sitio de fundición 9.0 Medido en pulgadas (ver Figura No.46 y Figura No.47). La toma de asentamientos y los resultados obtenidos se consignan en un registro interno de la planta concretera (ver tabla 2), se tomaban dos Slump por fundición y estos eran globales tanto para losa como para muros. En algunas ocasiones al ver que el concreto estaba muy rígido al llegar al sitio el pasante era el encargado de solicitar un slump extra para informa a su vez a la residente y que ella aprobara la adición de una mezcla entre agua y aditivo, dicha adición era medida y realizada por el pasante bajo la orden de la residente como tal.

Tabla 2. Recorte registro de asentamientos del concreto producido en obra.

APTO	PRIMER ASENTAMIENTO EN PLANTA (PULG)	PRIMER ASENTAMIENTO EN SITIO (PULG)	SEGUNDO ASENTAMIENTO EN PLANTA (PULG)	SEGUNDO ASENTAMIENTO EN SITIO (PULG)
607 TE	9.6	9.2	9.4	9.0
608 TE	9.5	9.0	9.3	8.9
601 TE	9.7	9.3	9.5	9.0
602 TE	10	9.6	9.5	9.2
603 TE	9.4	9.0	9.5	8.9
604 TE	9.5	9.2	9.6	9.3
605 TE	9.7	9.2	9.4	8.9
606 TE	9.6	9.3	9.5	9.0

Tomada del documento donde la geo tecnológica archiva los resultados.

Además, dentro del plan de control de calidad de la constructora para la obra específica se tiene que el ensayo del cono de Slump se debe hacer de acuerdo a la Norma técnica colombiana NTC-396 (ver Tabla 3).

Tabla 3. Control para el asentamiento concreto producido en obra.

Procedimientos y Métodos de Ensayo al Concreto	Supervisor de Planta	Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto.	(NTC 396)	FGP-08 Toma de Muestras y Rompimiento de Cilindros. FGP-04 Dosificación de Mezclas de Concreto.
		Toma de muestras.	(NTC 454)	FGP-08 Toma de Muestras y Rompimiento de Cilindros.
		Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.	(NTC 550)	FGP-08 Toma de Muestras y Rompimiento de Cilindros.
		Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.	(NTC 673)	FGP-08 Toma de Muestras y Rompimiento de Cilindros.
Dosificación del Concreto	Supervisor de Planta	Registro de la cantidad de material que se usa por fundición.	Especificaciones y recomendaciones proporcionadas por el diseñador.	FGP-04 Dosificación de Mezclas de Concreto.

Recorte del Plan de calidad

Figura No. 44 Prueba de asentamiento con el cono Slump en el punto de fundición.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

Figura No. 45 Prueba de asentamiento con el cono Slump en la salida de la planta.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

4.1.2. Control de resistencia

Por programación de obra se debe fundir un apartamento por día, para lo cual el diseño de mezcla del concreto contempla la actuación del acelerante Plastocrete 169 HE, cuya ficha técnica se relaciona a continuación (ver Figura No.48). El aditivo relacionado anteriormente permite desencofrar el concreto a las 12 horas de haberlo fundido y dar paso al proceso de curado.

Figura No. 46 *Ficha técnica Plastocreto 169 HE.*

HOJA TECNICA DE PRODUCTO	
Plastocrete®169 HE	
PLASTIFICANTE - ACELERANTE	
DESCRIPCION	Plastocrete 169 HE es un aditivo líquido color ámbar oscuro, que permite reducir el agua de amasado y acelera las resistencias iniciales y finales del concreto, modificando levemente el tiempo de fraguado.
USOS	Plastocrete 169 HE se debe usar cuando se desee: <ul style="list-style-type: none">• Mejorar resistencias a temprana edad.• Mayor ganancia de resistencias en clima frío.• Disminuir el contenido de cemento sin perder resistencia inicial.• Aumentar la manejabilidad de la mezcla.• Reducir el agua de amasado sin perder manejabilidad.• Elaborar concreto para sistema de construcción industrializada tipo Outinord o Contech.

Recorte ficha técnica de plastocreto en internet.

Para el control de resistencia en el concreto en la fundición de cada apartamento se tomaron 12 muestras (ver Figura No.49), las muestras son fabricadas, almacenadas y ensayadas siguiendo los respectivos lineamientos de la NTC 454; toma de muestras.

Figura No. 47 *Muestras de Concreto usado para fundir el apartamento.*



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

Los cilindros fueron ensayados en obra con una prensa a la cual se le hace un control de calibración periódicamente para no tener resultados erróneos (ver Figura No.50); las edades de ensayo son las siguientes:

- 3 muestras a los 7 días, esperando el 70% de resistencia a la compresión.
- 3 muestras a los 14 días, para una resistencia del 80%.
- 3 muestras a los 28, para obtener el 100% de la resistencia.
- 3 muestras para testigos, en caso de no cumplir con la resistencia a los 28 días.

Figura No. 48 Prensa para ensayar cilindros a Compresión.



Fotografía tomada por Pablo Gaviria.

Los resultados de resistencia de cada cilindro fueron ingresados y procesados en una hoja de cálculo la cual arrojaba como resultado la resistencia en promedio de cada terna de cilindros ensayados por fecha y así realizar los controles o correctivos pertinentes ante cualquier inconsistencia en los resultados que se obtuvieron. (Ver tabla 4).

Tabla 4. CONTROL DE LOS CILINDROS DE CONCRETO.

5 6	Muestra	# Cilindros	F'c (28 d) Mpa	Fecha Fundición	Resistencia 7 días (Mpa)					Resistencia 14 días (Mpa)					Resistencia 28 días (Mpa)							
					FECHA	X ₁	X ₂	X ₃	R	%	FECHA	X ₁	X ₂	X ₃	R	%	FECHA	X ₁	X ₂	X ₃	R	%
					407	636	12	21	23/11/2016	30/11/2016	18,29	17,86	18,43	18,19	87%	7/12/2016	22,52	22,59	23,31	22,81	109%	21/12/2016
408	637	12	21	24/11/2016	1/12/2016	26,25	25,48	24,93	25,55	122%	8/12/2016	33,23	32,14	33,36	32,91	157%	22/12/2016	31,39	32,75	35,60	33,25	158%
409	638	12	21	24/11/2016	1/12/2016	15,73	15,28	17,27	16,09	77%	8/12/2016	20,34	22,47	21,53	21,45	102%	22/12/2016	22,82	27,74	24,10	24,89	119%
410	639	12	21	25/11/2016	2/12/2016	14,71	16,30	16,54	15,85	75%	9/12/2016	20,99	22,05	20,39	21,14	101%	23/12/2016	24,09	25,62	25,85	25,19	120%
411	640	12	21	26/11/2016	3/12/2016	19,04	18,69	19,28	19,00	90%	10/12/2016	24,57	24,59	24,36	24,51	117%	24/12/2016	26,11	23,40	28,50	26,00	124%
412	641	12	21	28/11/2016	5/12/2016	15,49	15,60	16,13	15,74	75%	12/12/2016	20,85	18,49	19,47	19,60	93%	26/12/2016	24,54	24,91	24,64	24,70	118%
413	642	12	21	29/11/2016	6/12/2016	14,48	13,00	15,86	14,45	69%	13/12/2016	18,88	17,95	17,87	18,23	87%	27/12/2016	21,54	20,48		21,01	100%
414	643	12	21	1/12/2016	8/12/2016	18,22	20,21	18,96	19,13	91%	15/12/2016	25,26	24,72	23,24	24,41	116%	29/12/2016	26,05	28,69	27,17	27,30	130%
415	644	12	21	2/12/2016	9/12/2016	34,85	35,18	36,18	35,40	169%	16/12/2016	42,29	41,31		41,80	199%	30/12/2016	48,45	47,97	48,97	48,46	231%
416	645	12	21	3/12/2016	10/12/2016	18,15	19,53	19,07	18,92	90%	17/12/2016	25,63	23,72	24,92	24,76	118%	31/12/2016					
417	646	12	21	5/12/2016	12/12/2016	22,44	21,06	22,29	21,93	104%	19/12/2016	28,65	28,27	28,37	28,43	135%	2/01/2017	33,02	33,48	35,33	33,94	162%
418	647	12	28	6/12/2016	13/12/2016	18,44	19,10	20,32	19,29	69%	20/12/2016	25,47	21,48	23,77	23,57	84%	3/01/2017	29,61	29,80	27,09	28,83	103%

Recorte sección hoja de cálculo llevada por la geo tecnóloga.

Para la aceptación del concreto del concreto según el resultado obtenido en los ensayos de resistencia a la compresión se debe cumplir el criterio de evaluación de la NSR-10 en el título C.5.6.3.3, dicho criterio tiene dos ítems.

- Cada promedio aritmético de 3 ensayos de resistencias consecutivos es igual o superior a F'c.
- Ningún resultado del ensayo de resistencia es menor que F'c por más de 3.5 Mpa cuando F'c es 35 Mpa o menor; o por más de 0.10 F'c cuando F'c es mayor a 35 Mpa.

Como la geo tecnóloga de empresa era la encargada de llevar el control general de todas las obras en cuanto a concreto, el pasante la apoyaba en una revisión puntual para las resistencias del proyecto torres de milano.

4.2. CONTROL DE CALIDAD EN LOS AGREGADOS

4.2.1. Arena

Dentro del plan de control de calidad de la constructora se tienen unos lineamientos específicos de que ensayos se le deben hacer a la arena, para lo cual se tiene interacción directa con el laboratorio GEOFISICA LTDA de la ciudad

de Popayán. Personal de dicha empresa se encarga de recoger muestras del agregado en la obra y se los llevan al laboratorio para disponer de él en todos los ensayos a realizar.

Los estudios de ensayo a realizar a la arena (ver tabla 5) como elemento estructural participe del concreto usado en la obra son los siguientes:

- Terrones de arcilla y partículas deleznales.
- Impurezas orgánicas en agregados finos para concreto.
- Sanidad.
- Granulometría.
- Módulo de finura.

Tabla 5. CONTROL DE ARENA.

SUB-ACTIVIDAD	RESPONSABLE	VARIABLE A CONTROLAR	CRITERIOS DE LIBERACIÓN Y/O ACEPTACIÓN	REGISTRO																
Control a la Arena	Supervisor de Planta e Ingeniero Residente	Terrones de arcilla y partículas deleznales.	Máximo el 3.0 % (NTC 174)	Resultados de Ensayos de Laboratorio.																
		Impurezas orgánicas en agregado fino para concretos (NTC 127)	Color más claro o igual a la placa orgánica de referencia. (NTC 174)	Resultados de Ensayos de Laboratorio.																
		Efecto de las impurezas orgánicas en la resistencia del mortero a 7 días (NTC 573)	La resistencia del mortero no debe ser menor al 95% . (NTC 174)	Resultados de Ensayos de Laboratorio.																
		Sanidad.	Para Agregado Fino sometido a cinco ciclos de ensayo: * Máximo el 10.0 % cuando se ensaya con sulfato de sodio. * Máximo el 15.0 % cuando se ensaya con sulfato de magnesio. (NTC 174)	Resultados de Ensayos de Laboratorio.																
		Granulometría.	El agregado fino debe estar clasificado dentro de los siguientes límites: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Tamiz NTC 32 (ASTM E 11)</th> <th>Porcentaje que pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9.5 mm</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4.75 mm</td> <td>85 a 100</td> </tr> <tr> <td>2.36 mm</td> <td>60 a 100</td> </tr> <tr> <td>1.18 mm</td> <td>50 a 85</td> </tr> <tr> <td>600 µm</td> <td>25 a 60</td> </tr> <tr> <td>300 µm</td> <td>10 a 30</td> </tr> <tr> <td>150 µm</td> <td>2 a 10</td> </tr> </tbody> </table> (NTC 174)	Tamiz NTC 32 (ASTM E 11)	Porcentaje que pasa	9.5 mm	100	4.75 mm	85 a 100	2.36 mm	60 a 100	1.18 mm	50 a 85	600 µm	25 a 60	300 µm	10 a 30	150 µm	2 a 10	Resultados de Ensayos de Laboratorio.
		Tamiz NTC 32 (ASTM E 11)	Porcentaje que pasa																	
9.5 mm	100																			
4.75 mm	85 a 100																			
2.36 mm	60 a 100																			
1.18 mm	50 a 85																			
600 µm	25 a 60																			
300 µm	10 a 30																			
150 µm	2 a 10																			
Módulo de Finura.	No deben ser menores de 2.3 ni mayores de 3.1 . (NTC 174)	Resultados de Ensayos de Laboratorio.																		

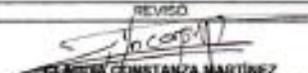
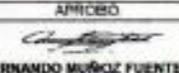
Recorte sección plan de control de calidad de la empresa.

Como se mencionó anteriormente los ensayos son realizados por GEOFISICA, quien envía los informes resultantes de dichos ensayos (ver Figura No.53, Figura No.54, Figura No.55 y Figura No.56); y es con estos informes el equipo de trabajo constituido por la residente, la geo tecnóloga y el pasante daba el aval para la utilización de la arena en el concreto estructural producido en obra.

Figura No. 50 Informe ensayo Solidez NTC 126, CONTROL DE ARENA.






SOLIDEZ DE LOS AGREGADOS CON EL USO DE SULFATO DE SODIO O DE MAGNESIO NTC 126							FOL. 2011 Versión: 01 Septiembre de 2015 Página 1 de 1			
CLIENTE:		GRACOL S.A.S.			ORDEN SERVICIO No.:		1500			
OBRA:		CONDOMINIO TORRES DE MILANO								
LOCALIZACIÓN OBRA:		CARRERA 5A #67H-701 (ANTIGUO CLUB LOS PATOJOS)								
CONTRATISTA:		GRACOL S.A.S.								
INTERVENTORA:		N.S.								
DESCRIPCIÓN MATERIAL:		ARENA DE ORIGEN ALUVIAL COLOR GRIS								
FUENTE:		PUERTO TEJADA								
LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA:		STOCK EN OBRA								
FECHA DE RECIBO:		15-oct-2015		FECHA DE ENVÍO:		22-oct-2015				
SOLUCIÓN EMPLEADA:		SULFATO DE MAGNESIO			DENSIDAD DE SOLUCIÓN (g/cm ³):		1,3			
AGREGADO FINO - ANALISIS CUANTITATIVO										
FRACCIONES		PESO DE CADA FRACCIÓN		% PÉRDIDA	% RET. GRANULOMETRIA ORIGINAL	% PÉRDIDA PONDERADA				
PASA	RETENE	INICIAL P1, g	FINAL P2, g	((P1-P2)/P1)*100						
RETENIDO EN 38"				12,2	2,8	0,3				
38"	No. 4			12,2	4,7	0,9				
No. 4	No. 8			12,2	4,6	0,8				
No. 8	No. 16	101,5	88,7	12,2	6,7	1,2				
No. 16	No. 30	101,5	85,7	5,7	10,5	0,6				
No. 30	No. 50	100,8	81,1	5,4	25,2	2,4				
% PERDIDA POR SOLIDEZ:						6				
AGREGADO GRUESO - ANALISIS CUANTITATIVO										
FRACCIONES		PESO DE CADA FRACCIÓN		% PÉRDIDA	% RET. GRANULOMETRIA ORIGINAL	% PÉRDIDA PONDERADA				
PASA	RETENE	INICIAL P1, g	FINAL P2, g	((P1-P2)/P1)*100						
4"	3 1/2"									
3 1/2"	3"									
3"	2 1/2"									
2 1/2"	1 3/4"									
1 3/4"	3/4"									
3/4"	No. 4									
PASA No. 4										
% PERDIDA POR SOLIDEZ:										
AGREGADO GRUESO - ANALISIS CUALITATIVO										
FRACCIONES		No. Inicial de partículas	PARTICULAS QUE EXHIBEN ALTERACIÓN							
PASA	RETENIDO		Rotura		Desintegración		Agrupamiento		Estrofección	
			No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
2 1/2"	1 3/4"									
1 1/2"	3/4"									
MATERIAL ENSAYADO		AGREGADO FINO PARA CONCRETOS								
ESPECIFICACIÓN A APLICAR		NTC 174								
REQUISITO PARA PÉRDIDA POR SOLIDEZ		Sulfato de Sodio: ≤ 10% Sulfato de magnesio: ≤ 15%								
OBSERVACIONES: MUESTRA Y DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE.										
REVISÓ						APROBÓ				
 GLADYS CONSTANZA MARTÍNEZ COORDINADOR DE LABORATORIO - Mat. Profesional # 19519005473CAU						 FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO - Mat. Profesional # 19519001294CAU				
LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENTREGADA AL LABORATORIO Y SOMETIDA A ENSAYO ESTÁ PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO										

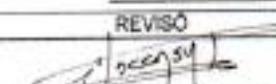
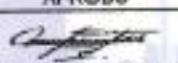
Calle 6 #11-35 B/Valencia Tel: 8223585 Telefax: 8224555 Cel: 321 642 3999 - 300 650 8041 POPAYÁN - COLOMBIA
www.geofisica.com.co
e-mail: info@geofisica.com.co

Escáner de informe emitido por GEOFISICA LTDA.

Figura No. 51 Informe ensayo Impurezas Orgánicas NTC 127, CONTROL DE ARENA.






IMPUREZAS ORGÁNICAS EN AGREGADO FINO PARA CONCRETOS (MÉTODO DE COLORIMETRÍA) NTC 127		FGL-203 Versión 01 Septiembre de 2015 Página 1 de 1												
CLIENTE:	GRACOL S.A.S.	ORDEN SERVICIO No.: 1530												
OBRA:	CONDOMINIO TORRES DE MILANO													
LOCALIZACION OBRA:	CARRERA 9A #57N-761 (ANTIGUO CLUB LOS PATOJOS)													
CONTRATISTA:	GRACOL S.A.S.													
INTERVENTORIA:	N.S.													
DESCRIPCION MATERIAL:	ARENA DE ORIGEN ALUVIAL COLOR GRIS ✓													
FUENTE:	PUERTO TEJADA													
LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA:	STOCK EN OBRA													
FECHA DE RECIBO:	15-oct-2015	FECHA DE ENSAYO: 18-oct-2015												
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">FRASCO No.</th> <th style="width: 40%;">COLOR FINAL MUESTRA</th> <th style="width: 40%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1 (UNO)</td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1 (UNO)</td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">1 (UNO)</td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> </tbody> </table> <p style="margin-top: 10px;">PLACA ORGÁNICA DE REFERENCIA = No. 3 (Color Gardner de referencia No. 11)</p>			FRASCO No.	COLOR FINAL MUESTRA		1	1 (UNO)	✓	2	1 (UNO)	✓	3	1 (UNO)	✓
FRASCO No.	COLOR FINAL MUESTRA													
1	1 (UNO)	✓												
2	1 (UNO)	✓												
3	1 (UNO)	✓												
MATERIAL ENSAYADO	AGREGADO FINO PARA CONCRETO													
ESPECIFICACION APLICABLE	NTC 174													
REQUISITO	COLOR MAS CLARO O IGUAL A LA PLACA ORGÁNICA DE REFERENCIA No. 3. ✓													
OBSERVACIONES:	MUESTRA Y DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE.													
REVISÓ	APROBÓ													
 CLÁUDIA CONSTANZA MARTÍNEZ COORDINADOR DE LABORATORIO - Mat. Profesional # 19516005473CAU	 FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO - Mat. Profesional # 19516001294CAU													
LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENTREGADA AL LABORATORIO Y SOMETIDA A ENSAYO ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO														

www.geofisica.com.co

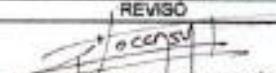
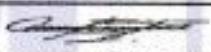
e-mail: info@geofisica.com.co

Escáner de informe emitido por GEOFISICA LTDA.

Figura No. 52 Informe ensayo Arcillas y partículas deleznable NTC 589, CONTROL DE ARENA.






PORCENTAJE TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS DELEZNABLES EN LOS AGREGADOS NTC 589						FGL-285 Versión 01 Septiembre de 2015 Página 1 de 1	
CLIENTE:		GRACOL S.A.S.		ORDEN SERVICIO No.:		1530	
OBRA:		CONDominio TORRES DE MILANO					
LOCALIZACION OBRA:		CARRERA 9A #57N-761 (ANTIGUO CLUB LOS PATOJOS)					
CONTRATISTA:		GRACOL S.A.S.					
INTERVENTORIA:		N.A.					
DESCRIPCION MATERIAL:		ARENA DE ORIGEN ALUVIAL COLOR GRIS					
FUENTE:		PUERTO TEJADA					
LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA:		STOCK EN OBRA					
FECHA DE RECIBO:		15-oct-2015		FECHA DE ENSAYO:		17-oct-2015	
FRACCIÓN GRUESA							
TAMAÑO DEL AGREGADO		MASA INICIAL, g	MASA RETENIDO, g	% TERR. DE ARCILLA Y PART. DELEZNABLES	% RETENIDO GRANULOMETRIA		% TERR. DE ARCILLA Y PART. DELEZNABLES CORREGIDO
PASA	RETENIDO				ORIGINAL	CORREGIDO	
MAYOR A 1½"							
1½"	¾"						
¾"	3/8"						
3/8"	Nº4						
% TERR. DE ARCILLA Y PART. DELEZNABLES CORREGIDO FRACCION GRUESA							NA
FRACCION FINA							
TAMAÑO DEL AGREGADO		MASA INICIAL, g	MASA RETENIDO, g	% TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS DELEZNABLES			
PASA	RETENIDO						
Nº 4	Nº 16	26,8	26,1	2,6			
% TERR. DE ARCILLA Y PART. DELEZNABLES CORREGIDO FRACCION FINA							2,6 ✓
MATERIAL ENSAYADO		Agregado grueso Clase 38 para concretos de Muros de fundación a nivel, muros de contención, estribos, pilas, vigas compuestas y vigas expuestas a las condiciones atmosféricas.					
ESPECIFICACIÓN A APLICAR		NTC 174					
REQUISITO PARA TERR. DE ARCILLA Y PART. DELEZNABLES %		≤ 5 % ✓					
OBSERVACIONES: MUESTRA Y DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE.							
REVISÓ				APROBÓ			
 CLAUDIA CONSTANZA MARTÍNEZ COORDINADOR DE LABORATORIO - Mat. Profesional # 19516005473CAU				 FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO - Mat. Profesional # 19516001294CAU			
LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENTREGADA AL LABORATORIO Y SOMETIDA A ENSAYO ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO							

www.geofisica.com.co

e-mail: info@geofisica.com.co

Escáner de informe emitido por GEOFISICA LTDA.

4.2.2. Triturado

De igual forma que con la Arena para el agregado grueso se tiene un lineamiento de control de calidad dentro del Plan de la empresa (ver tabla 6). Los Ensayos a realizar con el agregado grueso son:

- Granulometría (ver Figura No.58).
- Resistencia al desgaste (ver Figura No.59).

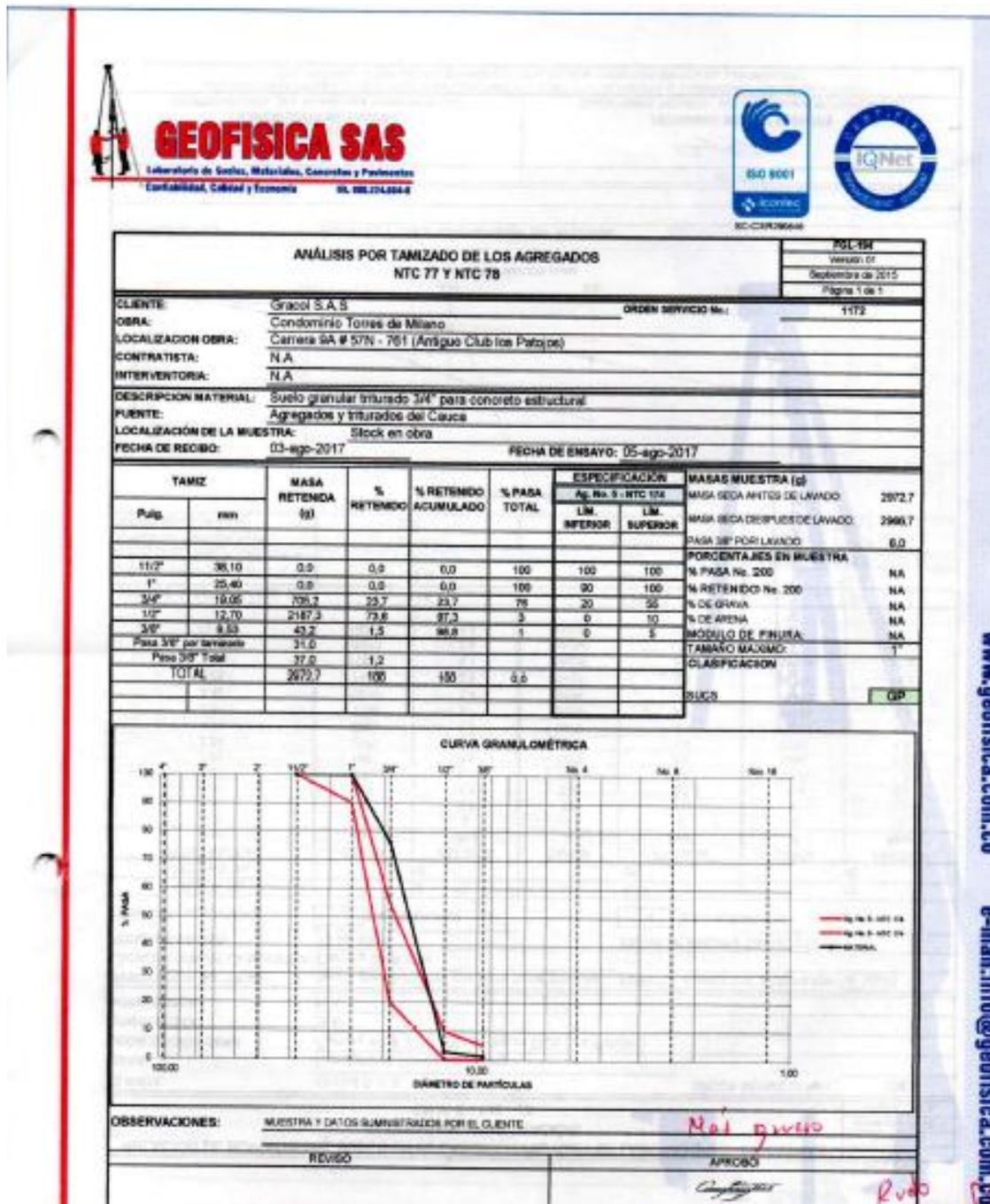
Los resultados eran de la misma manera revisados por el equipo de trabajo anteriormente descrito (la residente, geo tecnóloga y el pasante).

Tabla 6. CONTROL DEL AGREGADO GRUESO.

SUB- ACTIVIDAD	RESPONSABLE	VARIABLE A CONTROLAR	CRITERIOS DE LIBERACIÓN Y/O ACEPTACIÓN	REGISTRO																																																																																																																																																																																																		
Control al Triturado	Supervisor de Planta e Ingeniero Residente	Granulometría.	<p>El agregado debe cumplir con las siguientes características:</p> <p>Tabla 2. Respuesta de pruebas para agregado grueso</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Número del tamiz del agente grueso</th> <th rowspan="2">Tamaño nominal (centímetros de abertura cuadrada)</th> <th colspan="10">Material que pasa por uno de los siguientes tamices (porcentaje en masa)</th> </tr> <tr> <th>16 mm</th> <th>30 mm</th> <th>47.5 mm</th> <th>75 mm</th> <th>118 mm</th> <th>150 mm</th> <th>250 mm</th> <th>425 mm</th> <th>750 mm</th> <th>1180 mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>16 mm x 16 mm</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>30 mm x 30 mm</td> <td>-</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>47.5 mm x 47.5 mm</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>37</td> <td>75 mm x 75 mm (No.4)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>118 mm x 118 mm</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>150 mm x 150 mm (No.4)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>250 mm x 250 mm</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>56</td> <td>425 mm x 425 mm</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>57</td> <td>750 mm x 750 mm (No.4)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>1180 mm x 1180 mm</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>67</td> <td>1180 mm x 1180 mm (No.4)</td> <td>-</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>1180 mm x 1180 mm (No.4)</td> <td>-</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>1180 mm x 1180 mm (No.4)</td> <td>-</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table> <p>(NTC 174)</p>	Número del tamiz del agente grueso	Tamaño nominal (centímetros de abertura cuadrada)	Material que pasa por uno de los siguientes tamices (porcentaje en masa)										16 mm	30 mm	47.5 mm	75 mm	118 mm	150 mm	250 mm	425 mm	750 mm	1180 mm	1	16 mm x 16 mm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	2	30 mm x 30 mm	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	3	47.5 mm x 47.5 mm	-	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	37	75 mm x 75 mm (No.4)	-	-	-	100	100	100	100	100	100	100	100	4	118 mm x 118 mm	-	-	-	-	100	100	100	100	100	100	100	40	150 mm x 150 mm (No.4)	-	-	-	-	-	100	100	100	100	100	100	5	250 mm x 250 mm	-	-	-	-	-	-	100	100	100	100	100	56	425 mm x 425 mm	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	100	57	750 mm x 750 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	6	1180 mm x 1180 mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	67	1180 mm x 1180 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	7	1180 mm x 1180 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	8	1180 mm x 1180 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	Resultados de Ensayos de Laboratorio.
		Número del tamiz del agente grueso	Tamaño nominal (centímetros de abertura cuadrada)			Material que pasa por uno de los siguientes tamices (porcentaje en masa)																																																																																																																																																																																																
16 mm	30 mm			47.5 mm	75 mm	118 mm	150 mm	250 mm	425 mm	750 mm	1180 mm																																																																																																																																																																																											
1	16 mm x 16 mm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100																																																																																																																																																																																										
2	30 mm x 30 mm	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100																																																																																																																																																																																										
3	47.5 mm x 47.5 mm	-	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100																																																																																																																																																																																										
37	75 mm x 75 mm (No.4)	-	-	-	100	100	100	100	100	100	100	100																																																																																																																																																																																										
4	118 mm x 118 mm	-	-	-	-	100	100	100	100	100	100	100																																																																																																																																																																																										
40	150 mm x 150 mm (No.4)	-	-	-	-	-	100	100	100	100	100	100																																																																																																																																																																																										
5	250 mm x 250 mm	-	-	-	-	-	-	100	100	100	100	100																																																																																																																																																																																										
56	425 mm x 425 mm	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	100																																																																																																																																																																																										
57	750 mm x 750 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100																																																																																																																																																																																										
6	1180 mm x 1180 mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100																																																																																																																																																																																										
67	1180 mm x 1180 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100																																																																																																																																																																																										
7	1180 mm x 1180 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100																																																																																																																																																																																									
8	1180 mm x 1180 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100																																																																																																																																																																																								
		Límites para sustancias dañinas y requisitos de las propiedades físicas.	<p>El agregado debe cumplir con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Terrones de arcilla: 5% máximo. -Material paso tamiz #200: 1% máximo. -Abrasión o desgaste: 50% máximo. -Solidez o Sanidad con Sulfato de Magnesio: 18% máximo. -Solidez o Sanidad con Sulfato de Sodio: 12% máximo. <p>(NTC 174)</p>	Resultados de Ensayos de Laboratorio.																																																																																																																																																																																																		

Recorte sección plan de control de calidad de la empresa.

Figura No. 53 Informe ensayo Granulometría NTC 77 y NTC 78, CONTROL AGREGADO GRUESO.



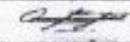
Escáner de informe emitido por GEOFISICA LTDA.

Figura No. 54 Informe ensayo Resistencia al desgaste NTC 93 y NTC 98, CONTROL AGREGADO GRUESO.



GEOFISICA SAS
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concreto y Pavimentos
Confiabilidad, Calidad y Economía No. 505.314.814-4




DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS EN LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES NTC 93 Y NTC 98		FSL-189 Versión 01 Septiembre de 2015 Página 1 de 1						
CLIENTE:	Graciel S.A.S	ORDEN SERVICIO No.: 1172						
OBRA:	Condominio Torres de Milano							
LOCALIZACIÓN OBRA:	Carrera 9A # 57N - 761 (Antiguo Club los Patos)							
CONTRATISTA:	N.A.							
INTERVENTORIA:	N.A.							
DESCRIPCIÓN MATERIAL:	Suelo granular triturado 3/4" para concreto estructural							
FUENTE:	Agregados y triturados del Cauca							
LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA:	Stock en obra							
FECHA DE RECIBO:	03-ago-2017	FECHA DE ENSAYO: 09-ago-2017						
CONDICIÓN DE PRUEBA	Seca	Seca						
GRADACIÓN USADA	B	B						
NUMERO DE ESFERAS	11	11						
NUMERO DE REVOLUCIONES	500	500						
P1: MASA MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO, g	5004	5004						
P2: MASA MUESTRA SECA DESPUES DEL ENSAYO LAVADA SOBRE EL TAMIZ No. 12, g	4757	3865						
PERDIDA = P1 - P2, g	247	1139						
% PÉRDIDA = $(P1 - P2) / P1 \times 100$	4,9 ✓	22,8 ✓						
ESPECIFICACIÓN								
MATERIAL ENSAYADO	AGREGADOS PARA CONCRETO							
ESPECIFICACIÓN A APLICAR	NTC 174							
REQUISITO DE DESGASTE, %	≤ 50 %							
DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES								
TAMANOS		PESO Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA, g						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	1	2	3
3"	2 1/2"					2500 ± 50		
2 1/2"	2"					2500 ± 50		
2"	1 1/2"					5000 ± 50	5000 ± 50	
1 1/2"	1"	1250 ± 25					5000 ± 25	5000 ± 25
1"	3/4"	1250 ± 25						5000 ± 25
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10					
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10					
3/8"	1/4"			2500 ± 10				
1/4"	No 4			2500 ± 10				
No 4	No 8					5000 ± 10		
TOTAL		3000 ± 10	3000 ± 10	3000 ± 10	3000 ± 10	10000 ± 100	10000 ± 50	10000 ± 75
No. DE ESFERAS		12	11	8	8	12	12	12
No. REVOLUCIONES		500	500	500	500	1000	1000	1000
OBSERVACIONES:	MUESTRA Y DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE.							
REVISÓ	APROBÓ							
KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ GEOTECNOLOGO - Mat. Profesional # 18516030791CAU	 FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO - Mat. Profesional # 19516001294CAU							
LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENTREGADA AL LABORATORIO Y SOMETIDA A ENSAYO ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO								

Calle 6 #11-35 B/Valencia Tel: 8223585 Telefax: 8224555 Cel: 321 642 3999 - 300 650 8041 POPAYÁN - COLOMBIA

www.geofisica.com.co e-mail: info@geofisica.com.co

Escáner de informe emitido por GEOFISICA LTDA.

5. CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

5.1. CANTIDADES DE OBRA PARA EL ACERO

En este punto el pasante tenía dos actividades específicas la primera era para el cálculo de cantidades necesarias para lo cual el pasante hacía un conteo de elementos (barras corrugadas, estribos, mallas y ganchos) que se necesitan piso a piso. Este proceso el pasante y la residente lo realizaron apoyados en los planos de alzadas para cada elemento de borde y muro de la estructura, posterior a ello se hacía un compilado del piso correspondiente y por medio de un software se integraba la anterior información en un programa que generaba un pedido directo a la acería PAZ DEL RIO. La segunda era para el cálculo de las cantidades a pagar en acta, en esta parte el pasante hacía un conteo en físico del acero amarrado y lo reportaba a la residente para que ella a su vez realizara el acta de pago parcial que correspondiera al contratista.

5.2. CANTIDADES DE OBRA PARA EL CONCRETO

Las cantidades de obra estaban a cargo de la residente, quien a su vez se apoyaba en el pasante; la cantidad de concreto necesario se calculaba de acuerdo a la programación de fundiciones dentro de la obra. Por medio de esta programación se disponían de los tiempos para el ingreso de los carros de transporte de cemento a granel de la compañía Argos, el agregado grueso, la arena y los aditivos tales como Plastocrete y Viscocrete.

Con el sentido de fundición programado en forma de “U” para la distribución de los apartamentos se calculaba el volumen de concreto en un ritmo de fundición diario (un apartamento por día), y con la dosificación de cada componente de la mezcla del concreto empleado en la obra, se calculaba el tiempo de solicitud y recepción de los componentes anteriormente relacionados.

6. ANALISIS DE RESULTADOS

- Los resultados obtenidos dentro de los procesos ejecutados en el trabajo de grado bajo la modalidad de pasantía fueron los esperados, puesto que han aumentado de forma práctica el criterio que como ingeniero se debe manejar para el buen desempeño de las actividades en el diario vivir del mundo laboral.
- En medio del proceso se entendió que la interrelación de las diversas disciplinas en la ingeniería es de vital importancia para la aceptación o rechazo de un objeto dentro del desarrollo de las actividades como tal, bien sea de un material, de un proceso o de un elemento generado en el desarrollo de las actividades mismas.
- Dentro del proceso de pasantía se pudieron avalar muchos procesos y materiales para su utilización, todo en base a los métodos anteriormente descritos en este documento.
- Durante todo el proceso práctico del trabajo de grado en la modalidad de pasantía se hizo evidente la importancia de los conocimientos teóricos que se impartieron por parte del cuerpo docente de la Universidad del Cauca adscritos a los diferentes departamentos de la facultad de ingeniería civil, para el óptimo desarrollo laboral de nosotros como estudiantes y futuros profesionales.
- Como se puede ver en la Figura No. 45 los asentamientos obtenidos con el concreto producido en la planta son satisfactorios tanto en planta como en el sitio de la fundición.
- De los resultados plasmados en los informes de geofísica para los ensayos realizados a los agregados del concreto se tiene que cumplen a cabalidad lo esperado y que estos son óptimos para la producción del concreto estructural requerido.

7. CONCLUSIONES

- En una obra es de suma importancia, el utilizar elementos de protección personal para proteger la integridad de todo nuestro equipo de trabajo. Por ende, es nuestro deber promover el uso de los mismos.
- Dentro del desarrollo práctico del trabajo de grado en la modalidad de pasantía se cumplió a cabalidad con el objetivo previsto de ejecutar la construcción de la estructura de acuerdo a los planos con que se licencio el proyecto.
- Las actividades que se realizaron en la pasantía fueron de supervisión y revisión del proceso constructivo, lo que permitió el cumplimiento de los parámetros de calidad y la disminución de los errores en obra.
- Es fundamental supervisar y brindar acompañamiento a nuestro personal de trabajo para que las labores y tareas establecidas en el proceso de planeación se cumplan según las fechas programadas.
- Es primordial la buena comunicación entre todos los departamentos de la constructora, ya que se debe solicitar los materiales de acuerdo con las necesidades de los contratistas y de la obra, programando su llegada con el departamento de compras, verificando que los materiales cumplan con las normas de calidad establecidas y su empleo o utilización sea el adecuado.
- La modalidad de pasantía como trabajo de grado permitió poner en práctica lo aprendido en las aulas y laboratorio de la universidad, proporcionó nuevos conocimientos con respecto al manejo administrativo, de supervisión en obra y abrió las puertas al mercado laboral como ingeniero civil.
- Por medio del proceso practico de la pasantía se pudo entender la importancia de la planeación dentro del desarrollo de la buena práctica laboral en el campo de la ingeniería civil, ya que gracias a ella se evitan contratiempos, malos procesos y perdidas económicas que al final puedan llevar a más problemas dentro del campo de trabajo que estamos desarrollando.
- Dentro del desarrollo de la pasantía se cumplió con el objetivo propuesto de ayudar a la evaluación y control de calidad de los materiales utilizados en la ejecución de la obra; como se vio anteriormente en este documento todo apoyado a un plan de control de calidad estructurado para las solicitudes del proyecto Torres de milano en específico. Además, por medio de una interventoría de INCONTEC se logró aprender la importancia de un proceso de trazabilidad en la ultimación de cualquier material dentro de la obra.

- Las resistencias obtenidas en los ensayos de compresión realizados a las probetas cilíndricas que se tomaron en cada fundición para las distintas edades, cumplen con lo proyectado y en los casos donde no cumplía a los 28 días, se evidenció que en los testigos adicionales se obtenía la resistencia en un plazo un poco mayor. Es decir, siempre se obtenía la resistencia de diseño requerida.

8. BIBLIOGRAFIA

- SIKA. Colombia: Manual de productos sika 2017 {en línea} {consultado en agosto del 2017} disponible en {<https://col.sika.com/es/productos/doc2new/document3.html>}
- CONSTRUCTORA GRACOL S.A.S, Plano teca virtual. Popayán. GRACOL2017.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR -10 {en línea} {junio-octubre del 2017} disponible en {<https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/9titulo-i-nsr-100.pdf>}.
- CONSTRUCTORA GRACOL S.A.S, Plan de control de calidad – Gracol S.A.S - Torres de Milano. Popayán. GRACOL2017.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CARTIFICACIONES. NTC 936 Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto. {en línea} {junio-octubre del 2017} disponible en {<https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC936.pdf>}.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CARTIFICACIONES. NTC 454 Toma de muestras. {en línea} {junio-octubre del 2017} disponible en {http://www.academia.edu/22412619/NORMA_T%C3%89CNICA_NTC_COLOMBIANA_454}.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CARTIFICACIONES. NTC 673 Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto. {en línea} {junio-octubre del 2017} disponible en {<https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC673.pdf>}.