

**ASISTENCIA CONSTRUCTIVA Y SIMULACIÓN EN 4D PARA LA INDUSTRIA A/E/C DEL
CENTRO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER**

DIEGO RAÚL CALDERÓN BALLESTEROS



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2006**

**ASISTENCIA CONSTRUCTIVA Y SIMULACIÓN EN 4D PARA LA INDUSTRIA A/E/C DEL
CENTRO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER**

DIEGO RAÚL CALDERÓN BALLESTEROS

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director

**EDUARDO CASTAÑEDA P
Ingeniero Civil, M. Sc. en Vías**

Tutor

**ING. MARIO HUMBERTO TORRES MACIAS
Director de Contratación y Proyectos de Inversión, UIS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2006**

*Para mis padres Avelino y Nelly con inmensa admiración,
a mi hermana Sylvia y mi hermano Camilo con cariño,
y a mi novia Smith, desde lo profundo de mi corazón.*

Camilo

AGRADECIMIENTOS

Resulta primordial y de suma importancia reconocer en estas breves líneas el apoyo de aquellos conocidos e ignotos, amigos y entidades, que he sentido que se han colocado positivamente a mi lado al emprender esta obra; referida al primer libro que escribo al promediar los veinticuatro años de mi existencia, personas todas quienes de esa manera me enaltecen y reconocen expresa y tácitamente mi esfuerzo. He querido con estos párrafos iniciales dejar testimonio por escrito de su ayuda y de las enseñanzas suministradas por tales relacionados, los que valorando así mi potencialidad, me han transmitido sus saberes: inequívocamente valiosos y edificantes para mi desempeño futuro en lo personal, en lo social y en el desempeño profesional que me ha de corresponder.

Estoy totalmente convencido, que los primeros en otorgarme toda su colaboración incondicional y al mismo tiempo advertir mi tesón y mi coraje a través de todos los años que llevo de aprendizaje universitario, son por supuesto mis padres, Avelino Calderón Rangel y María Nelly Ballesteros de Calderón; a quienes les agradezco toda la confianza y paciencia que han tenido para conmigo. Igualmente, es preciso dejar constancia del recibo de todas sus enseñanzas de vida y experiencia, advenidas ellas a mi ser con paciencia y dedicación, aprovechando el autor estas circunstancias para hacerles saber que hasta ahora me han brindado una vida llena de satisfacciones, casi siempre buenas y otras duras pero que a la larga también son constructivas, y que simplemente haber pasado por todas ellas, me hace sentir complacido de haber derivado de tales seres, el don incomparable de mi vida.

Igualmente es gratificante reconocer el apoyo brindado por mi hermanos Sylvia y Camilo Ernesto, especialmente de este último, quien con todo entusiasmo se puso incondicionalmente de mi lado el día en que decidí estudiar la maravillosa carrera por la que ahora tomo recibo, aventajado estudiante de la UIS que ha sido y sigue siendo un faro para todos mis proyectos académicos y personales.

El logro final de este trabajo de grado no hubiera sido posible sin la ayuda de Smith Farley Rangel Sanabria, mi novia, de quien obtuve numerosas enseñanzas al comienzo de las labores que presento. Es que prácticamente sin ella saberlo, me preparó y guió en buena parte de mi práctica. Sería impensable no dejar memoria cuanto a que su inmejorable compañía, ha encarrilado mi ánimo para salir adelante en lo propuesto y en los venideros

avatares de toda índole que me esperan, todo lo cual se ha vuelto llevadero y lleno de alegría, perfilándose su conjunto como algo tangible y alcanzable, más allá de los simples sueños.

Debo decir igualmente que coexisten por estos tiempos de mi discurrir universitario y social, otras personas de inusitada importancia que coadyuvan notablemente en mi labor, a quienes respeto y admiro, quienes se han convertido en una pieza fundamental en mi formación y desarrollo profesional, entre las que debo destacar al ilustre Ingeniero y Rector Álvaro Beltrán Pinzón, quien desde un principio creyó en mis habilidades y en mis conocimientos, para conferirme la oportunidad y la responsabilidad de realizar mi práctica empresarial sirviéndole a la misma Alma Máter que me forjó como ingeniero civil. Así mismo reconozco y agradezco las enseñanzas multididácticas del ingeniero Mario Humberto Torres Macias, quien ha fungido con brillantez en la tarea de tutor de mi práctica en todo el sentido de la palabra; de igual manera pondero con inmensidad la dedicación y el esmero de todo el personal presente en la obra encabezado por el Ingeniero Orlando Serrano Pedraza y por su homólogo Javier Serrano Arenas, de quienes he aprendido en estos últimos 7 meses, una suma de sapiencia no cuantificable, a la par que experiencias y secretos que no hubiera podido obtener en los campos de la mera investigación y la academia. Por último, es mi deseo formalizar en letras de molde la paciencia y el entendimiento que todos mis incomparables amigos de la vida y del estudio han tenido para con quien esto escribe, especialmente cuando estuve ausente de su existir, en numerosos instantes de sacrificio en mi labor de practicante.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	
1 GENERALIDADES DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.2 METODOLOGÍA	2
1.3 APOORTE AL PROCESO DE PRÁCTICA EMPRESARIAL	3
2 PRIMERA PARTE: ASISTENCIA CONSTRUCTIVA AL CENTRO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	4
2.1 DESCRIPCION, UBICACIÓN Y ALCANCES GENERALES DEL PROYECTO	4
2.2 FIRMAS CONTRATADAS	8
2.3 DESARROLLO DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y AJUSTES TÉCNICOS.	9
3 CONTRIBUCION AL APRENDIZAJE ACADEMICO, EN LA OBRA	25
3.1 PROCESO DE LICITACIÓN Y CONTRATACIÓN	25

3.2 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE OBRA	28
3.3 SUELOS, EXCAVACIONES Y OBRAS DE TIERRA	29
3.4 ENSEÑANZAS TÉCNICAS Y CONSTRUCCIÓN DE FUNDACIONES	33
3.5 MUROS DE MAMPOSTERÍA, ESTRUCTURALES Y DE CONTENCIÓN	34
3.6 ENSAYOS, PRUEBAS Y RESISTENCIA DE MATERIALES	36
3.7 COLUMNAS, PLACAS Y ELEMENTOS EN HORMIGÓN ARMADO	37
3.8 REDES INTERNAS E INSTALACIONES HIDROSANITARIAS	39
3.9 PROCESOS DE ADMINISTRACIÓN EN OBRA	41
3.10 ESTRUCTURAS METÁLICAS PARA CUBIERTA Y ESCALERA	42
3.11 USO Y CONTROL DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	44
4 LECCIONES NO CONTEMPLADAS EN LA ACADEMIA CON CARACTER DE CONTRIBUCIÓN PROFESIONAL	45
4.1 MEDIDAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL	45
4.2 IDENTIFICACIÓN Y USO DE ADITIVOS	46
4.3 PROCESOS DE CUANTIFICACION DE CANTIDADES DE OBRA	47

5	EXPLICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL MURO DE REACCIÓN	48
5.1	USO Y GENERALIDADES	48
5.2	SEGUIMIENTO FOTOGRAFICO A LA CONSTRUCCIÓN	49
6	SEGUNDA PARTE: SIMULACIÓN EN 4D PARA LA INDUSTRIA A/E/C BAJO ARCGIS	59
6.1	VISION, OBJETIVOS Y ALCANCE DEL APORTE	59
6.2	DESARROLLO Y MONTAJE DEL MODELO EN 3D	60
6.2.1	Procesos preliminares o previos	60
6.2.2	Delineado de los elementos en 3D	60
6.3	MONTAJE DEL SIMULADOR 4D.	62
6.3.1	Conformación del modelo gráfico	62
6.3.2	Configuración de las bases de datos	65
6.4	USO DEL SIMULADOR EN 4D PARA LA INDUSTRIA A/E/C	66
6.4.1	Uso relativo al constructor	66
6.4.2	Uso relativo a la interventoría	71
6.4.3	Uso relativo a la dirección de obra	74

6.5 OTROS USOS DEL SIMULADOR 4D	77
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	82

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Elementos estructurales verificados en conjunto y para la interventoría.	39

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Centro de Caracterización de Materiales de Construcción de la UIS.	4
Figura 2. Elementos estructurales en concreto reforzado.	5
Figura 3. Antes y después en la localización de la obra.	7
Figura 4. Iniciación de trabajos de obra civil.	9
Figura 5. Excavación para conformación del sub sótano.	10
Figura 6. Localización, excavación y conformación de zapatas aisladas.	11
Figura 7. Desencofrado y formaleteado de muro de contención de tierras.	12
Figura 8. Instalación de ductos eléctricos y fundida de placa N+0.00m	13
Figura 9. Fundida de columnas del nivel +0.00m y de placa de nivel +4.90m.	14
Figura 10. Ubicación y soldada de elementos en acero de las cerchas.	16
Figura 11. Etapas iniciales de construcción de la escalera metálica autoportante.	17
Figura 12. Reubicación del laboratorio de equipos ruidosos.	18
Figura 13. Modificación al muro de contención, eje 1 y eje A.	19
Figura 14. Algunos elementos estructurales modificados en obra.	21
Figura 15. Vías de acceso presupuestadas para el laboratorio.	22
Figura 16. Vías de acceso definitivas al laboratorio.	23
Figura 17. Evaluación Económica Fórmula 1 Opción A.	27
Figura 18. Evaluación Económica Fórmula 2 Opción B.	27
Figura 19. Evaluación Económica Formula 3 Opción B.	27

Figura 20.	Aportes de la programación de obra con el diagrama de Gantt.	29
Figura 21.	Sitio cercano al sondeo S-4. (cimentación propuesta a -2.5m)	30
Figura 22.	Ensayo SPT, Compactación con cal y ensayo cono de arena.	31
Figura 23.	(izq) Geomembranas y zanja, (der) talud desestabilizado.	32
Figura 24.	Estabilización de talud con empradización, largueros de guadua y muro.	33
Figura 25.	Producción de concreto ciclópeo bajo el acceso principal.	33
Figura 26.	Cimentación para muro de contención de tierras.	34
Figura 27.	Ubicación de los muros pantalla.	35
Figura 28.	Muros confinados no estructurales.	36
Figura 29.	Fabricación y curado de probetas para ensayo de compresión simple.	37
Figura 30.	Recubrimiento mínimo en barras de acero de viguetas.	38
Figura 31.	Cajas de inspección en la fachada y en sótano, en proceso.	40
Figura 32.	Redes hidrosanitarias internas bajo placa (baño mujeres)	41
Figura 33.	Cerchas metálicas para cubierta del laboratorio de estructuras.	42
Figura 34.	Instalación y funcionamiento de anclaje y platina para escalera.	43
Figura 35.	Muro en ladrillo tipo hollman a la vista primeros de los 1650m ² en total.	44
Figura 36.	Uso generalizado del casco protector en actividades de obra.	45
Figura 37.	Uso de elementos de seguridad industrial para actividades especiales.	46
Figura 38.	Aditivo para adherir concreto fresco a endurecido.	46
Figura 39.	Producto fijador de anclajes de acero en concretos.	47
Figura 40.	Ensayo estructura concreto reforzado Muro de Reacción LEG-CENAPRED México.	49
Figura 41.	Almacenamiento de acero y compactación red eléctrica e hidrosanitaria.	50

Figura 42.	Ubicación y fundida de solado para la losa de carga.	50
Figura 43.	Instalación de hierro previamente figurado para vigas norte –sur.	51
Figura 44.	Armado del acero para vigas este – oeste y norte – sur.	52
Figura 45.	Acero para fibra inferior de la losa y anclajes del muro.	52
Figura 46.	Instalación de malla para fibra superior de la losa y armado del muro.	53
Figura 47.	Instalación de acero bajo platinas y armado de contrafuertes.	53
Figura 48.	Soldado de platinas para losa y pruebas de tensión para pernos de anclaje.	54
Figura 49.	Instalación de platinas en losa de carga.	55
Figura 50.	Trabajos de fundida en concreto 4000psi para losa de carga.	55
Figura 51.	Instalación de platinas para muro de reacción.	56
Figura 52.	Formaleteado del muro de reacción.	57
Figura 53.	Formaleteado y fundida del muro de reacción.	58
Figura 54.	Estado final actual del muro de reacción y la losa de carga.	58
Figura 55.	Breve muestra de Modelación del edificio en 3D.	61
Figura 56.	Renderizado final del Centro de Caracterización de Materiales de Construcción.	62
Figura 57.	Proceso de georeferenciación o creación de una referencia espacial.	63
Figura 58.	Modelo del laboratorio en ArcGIS.	64
Figura 59.	Información contenida en cada una de las bases de datos.	65
Figura 60.	Proceso de obtención de longitud de acero para zapatas.	67
Figura 61.	Análisis procesos de consulta a aceros en columnas.	68
Figura 62.	Proceso de control por fechas de construcción.	72
Figura 63.	Muros con imperfecciones	73

Figura 64.	Ejemplo tendencia de cuantías	75
Figura 65.	Proceso de obtención de cuantías para los elementos.	76
Figura 66.	Construcción de los primeros edificios en la UIS (1953).	85
Figura 67.	Antiguo gimnasio cubierto y los edificios de Ingenierías Metalúrgica y Química.	85
Figura 68.	Antiguo campo de béisbol y graderías.	87
Figura 69.	Edificio de Administración (izquierda), Mecánica y su auditorio (derecha).	88
Figura 70.	Algunas obras proyectadas por el Plan de Desarrollo	90
Figura 71.	Comparación m ² históricamente construidos con cantidad de estudiantes matriculados	91

LISTA DE ANEXOS

	pág
Anexo A: BREVE HISTORIA CONSTRUCTIVA Y GESTIÓN DEL PROYECTO	83

GLOSARIO

A/E/C: (Arquitectura, Ingeniería y Construcción), siglas mundialmente conocidas en el idioma inglés.

ACTIVIDAD: Serie de acciones, desplazamientos y esperas, ejecutadas en forma continua y metódica, por una cuadrilla de uno o varios obreros, con el fin de producir, adecuar o ensamblar materiales, con la ayuda de herramientas o equipos, para adelantar un proceso constructivo. La actividad debe ser completa, bien sea cerrando un ciclo, terminándola completamente, acabando la obra o permitiendo la iniciación de una nueva actividad.

ADITIVO: Producto químico que se adiciona en baja proporción a la mezcla de concreto con el fin de modificar alguna de sus propiedades y adecuarlo al fin que se destine.

AGREGADO: Conjunto de partículas inertes, de forma granular, naturales o artificiales apropiados para la fabricación del hormigón.

AGREGADO FINO: Para una mezcla de concreto son las partículas cuyo diámetro es inferior a 5mm (arena).

AGREGADO GRUESO: para una mezcla de concreto son las partículas cuyo diámetro es mayor a 5mm y su tamaño máximo es de 1½ pulgada (piedra triturada).

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU): Es un elemento básico para la elaboración del presupuesto general, donde su base de cálculo es la unidad de medida de cada ítem del presupuesto general.

ARENA: Se obtiene de la extracción del material de ríos (color gris), serán granos limpios y consistentes, libre de arcilla y cieno.

AYUDANTE: Obrero raso, que está para asistir al oficial en lo que necesite y también trabaja con el ánimo de aprender la labor por medio de la experiencia.

BICHIROCO: Equipo de trabajo de Construcción con el cual se hace los amarres para la junta de acero (estribos).

BUITRÓN: Espacio dentro de una edificación destinada a la conducción de tuberías verticales (montantes de la red de consumo, red contra incendios, red eléctrica, desagües sanitarios, red de aire acondicionado, entre otros.)

CIMBRAR: Dejar marcado sobre algún material que se quiera trabajar según la demarcación requerida, se puede hacer con ayuda de hilos, marcas con lápiz o varillas.

CIMENTACIÓN: Parte de la estructura encargada de transmitir y distribuir al suelo las cargas totales de una edificación.

COLUMNETA: Se refiere a columnas de confinamiento en concreto reforzado para muros de mampostería que se colocan en los bordes del muro a confinar y en puntos intermedios del muro.

CONCRETO: Mezcla de cemento Pórtland hidráulico como sustancia aglutinadora, agregado fino (arena), agregado grueso (triturado) y agua. Algunos autores también incluyen el aire entre las sustancias que conforman el concreto, ya que la cantidad de aire incluida en la mezcla debe ser controlada para garantizar la resistencia o propiedades requeridas.

CONCRETO REFORZADO: También llamado concreto reforzado. Concreto cuyas capacidades de resistencia estructural son optimizadas con el uso de refuerzo de acero estructural.

CONSORCIO: Unión o compañía de quienes viven o trabajan juntos con el fin de defender los intereses comunes, principalmente los cónyuges, o miembros de asociaciones legales.

CORBATA: Lámina en acero, que permite la sujeción de dos formaletas metálicas.

DINTEL: Elemento estructural (en concreto o mampostería reforzada) que queda sobre el marco de las puertas.

DURACIÓN: Lapso de tiempo transcurrido entre la iniciación de una actividad y su terminación completa.

ESTRIBO: Refuerzo utilizado para resistir el esfuerzo a cortante y para mantener amarrado el refuerzo longitudinal de un elemento estructural longitudinal.

FORMALETA: Es un elemento que puede ser de madera o metálico y es utilizado como molde para dar forma a los elementos estructurales utilizados en obra.

FRAGUADO: Cambio del estado fluido al estado rígido de una pasta de cemento, mortero o concreto, que implica pérdida de plasticidad.

GANCHO: Doble que se le hace a una barra de refuerzo para que al ser embebida dentro del concreto haga las veces de anclaje dentro del elemento o nudo de apoyo.

HORMIGÓN: Se refiere al concreto como material estructural.

LLANA: Herramienta metálica empleada para extender y alisar materiales como mortero y concreto.

MALLA ELECTROSOLDADA: Malla formada con varillas de diámetro milimétrico unidas entre sí formando ángulos rectos, mediante un proceso de electrosoldado, con espaciamentos exactamente definidos. La electrosoldadura es una combinación de fusión eléctrica y presión en la intersección de las varillas.

MANO DE OBRA: Esfuerzo físico y mental gastado por parte del personal para la elaboración de un producto.

MORTERO: Se refiere a la mezcla de pasta y agregado fino (arena).

MURO: Según la NSR-98, elemento cuyo espesor es mucho menor en relación con sus otras dos dimensiones, usualmente vertical, utilizado para delimitar espacios.

OFICIAL: Persona que trabaja en un oficio manual, con un proceso de aprendizaje culminado pero sin ser maestro aún.

PARAL: Dispositivo en acero conformado por tres piezas, diseñado para recibir esfuerzos a compresión para todas las labores constructivas.

PANELAS: Elementos fabricados de mortero utilizados para asegurar el recubrimiento inferior en las placas.

PASTA: Se refiere a la mezcla de cemento, agua, aire (naturalmente atrapado).

PRESUPUESTO: La estimación programada, de manera sistemática, de las condiciones de operación y de los resultados a obtener por un organismo en un periodo determinado.

PROCESO: Serie de actividades consecuentes, que requieren de un orden, un procedimiento, para transformar los recursos en productos tangibles.

RENDERIZACIÓN: Palabra adaptada al español de la vocablo inglés *rendering* el cual define un proceso de cálculo complejo desarrollado por computador destinado a generar una imagen 3D o secuencia de imágenes 3D. También se suele emplear coloquialmente los términos “renderizar” y “renderizado”.

RESOLUCION: Es uno de los actos administrativos expedidos por la entidad pública de cualquier orden con los cuales se manifiesta la administración pública. Esta crea derechos al beneficiario de carácter particular y concreto.

SEGUIMIENTO: La capacidad de seguir la historia, aplicación, uso y localización de un artículo concreto o de sus características a través de números de identificación registrados.

VIGA DE AMARRE: Viga destinada para amarrar la cimentación de una estructura y no para recibir carga vertical.

VIGA DE CIMENTACIÓN: Viga apta para recibir carga vertical, y que hace parte del sistema de cimentación de una estructura.

VIGUETA: Elemento de concreto reforzado apto para recibir y distribuir carga vertical hacia la viga carguera.

VIGUETA DE CONFINAMIENTO: Elementos de concreto reforzado que se colocan en la parte superior e inferior de muros de mampostería confinada.

RESUMEN

TITULO:

ASISTENCIA CONSTRUCTIVA Y SIMULACIÓN EN 4D PARA LA INDUSTRIA A/E/C DEL CENTRO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.*

AUTOR:

CALDERON BALLESTEROS, Diego Raúl**

PALABRAS CLAVES: Práctica empresarial, Construcción estructura y acabados arquitectónicos edificio de Caracterización de materiales de construcción, Construcción Muro de reacción, SIG, ArcGIS, Simulación 4D, Visualización 4D, A/E/C.

DESCRIPCIÓN:

Memorias de práctica empresarial desarrollada en la construcción integral del edificio de laboratorios de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander denominado Centro de Caracterización de Materiales de Construcción; instalaciones que comprenden 2276m² de construcción, distribuidos en tres niveles, adecuado a las necesidades educativas de la escuela de ingeniería civil.

En la presente recopilación, se encuentra un compendio de trabajos realizados antes, durante y después de la construcción del edificio; como la obtención y verificación de las cantidades de obra, identificación y formulación de posibles errores en los diseños y cantidades de obra contratadas, se realizadas como auxiliar asignado por la oficina de contratación a la oficina de interventoría, seguimientos a tareas tales como : excavación y conformación del lote, construcción de la estructura sismo resistente, construcción de acabados estructurales e instalaciones hidrosanitarias, estructuras metálicas (cerchas y escalera metálica autoportante), construcción del muro de reacción.

Adicionalmente a los temas ya indicados, se trabajan temas de aporte a la enseñanza, tales como la gestión, el montaje, demostración y consulta de un sistema de información constructivo considerado como una simulación tipo 4D; tecnología de interés desde 1990 e investigada desde 1993 por la Universidad de Stanford. La simulación 4D realizada además de poder controlar los tiempos de obra, puede consultar las cantidades de obra; así mismo y sin perder la idoneidad de la formulación 4D, el proyecto realizado en ArcScene puede conjugar las dos facetas de tiempos y cantidades de obra para la industria A/E/C (Arquitectura, Ingeniería y Construcción).

* Proyecto de grado modalidad práctica empresarial.

** Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Ing Eduardo Castañeda

ABSTRACT

TITLE:

CONSTRUCTIVE ATTENDANCE AND 4D SIMULATION FOR THE INDUSTRY A/E/C OF THE BUILDING CHARACTERIZATION OF CONSTRUCTION MATERIALS OF THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER.

AUTHOR:

CALDERON BALLESTEROS, Diego Raúl**

KEY WORDS: Managerial practice, Construction structure and architectural finishes of the building of Characterization of construction materials, Construction of a Reaction wall, GIS, ArcGIS, 4D Simulation, 4D Visualización, 4D site management, A/E/C.

DESCRIPTION:

Report of a managerial practice developed on the integral construction of the laboratories building of the Civil Engineering school of the Industrial University of Santander, designated Center of Characterization of Construction Materials; installations witch includes a construction of 2247 m², arranged on three levels, suitable to the educative needs of the civil engineering school.

The present compilation, is a compendium of task, developed before, during and after the construction of the building; as the obtaining and verification of the construction quantities, identification and formulation of possible mistakes on the design and in the hired construction quantities, developed as an auxiliary assigned by the contracting department to the intervention site office, monitoring task such as: excavation and site conforming, construction of the earthquake resistant structure, construction of the structural finishes and hidrosanitary installations, metallic structures (Trusses and metallic auto-supporting stair), construction of the reaction wall.

Also to the themes yet indicated, inside are developed teaching supporting themes, such as the management steps, the mounting, demonstration and consulting of a construction information system related as a 4D type simulation; technology of interest since 1990 and investigated since 1993 for the Stanford University. The developed 4D simulation besides of being able of control the construction site times, can look for the construction quantities; as equal and without losing competence of the 4D formulation, the project achieved in ArcScene can conjugate the two sides of times and construction quantities for the industry A/E/C (Architecture, Engineering and Construction).

* Degree Project as entrepreneurial practice modality

** Faculty of Physical – Mechanical Engineerings, Department of Civil Engineering, Eng. Eduardo Castañeda

INTRODUCCION

La construcción del edificio emblema de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander, parte en dos la historia de esta rama del saber, y es considerado hoy por hoy como el laboratorio mas avanzado y mejor dotado del oriente Colombiano, la majestuosidad de sus instalaciones, su amplio espacio dedicado enteramente al conocimiento investigativo , los materiales constructivos empleados, las especificaciones técnicas y arquitectónicas no usuales aplicadas en este gran recinto; dan pie para seguimientos desde los procesos iniciales licitatorios y de gestión, hasta los procesos intermedios y finales de obra, como los procesos constructivos y gestiones administrativas.

Es bien sabido desde tiempos antiguos, que la tecnología y la investigación solo surgen cuando se tienen bases de conocimiento y espacios dotados especialmente al desarrollo de estos, por tal motivo la escuela de Ingeniería Civil ha tratado desde hace casi una década de obtener un laboratorio para sus grupos de investigación, dedicados casi exclusivamente al área estructural; con el paso del tiempo las ideas de aquel sueño académico fue surgiendo e implementándose mas áreas del saber relacionadas con la Ingeniería Civil, las cuales fueron formando un proyecto, de materialización de laboratorios con equipos de avanzada, en donde se pudiesen realizar pruebas y ensayos nunca antes vistos en esta región. La gestión, el esfuerzo y el trabajo de la Universidad Industrial de Santander en sus procesos de inversión, renovación y materialización de nuevos espacios académicos propiciados en los últimos años, tuvieron en cuenta a esta escuela perteneciente a la facultad de ingenierías físico - mecánicas; es así como desde los meses de Octubre del 2005 y Julio del 2006 se gestionó y materializó las instalaciones, para la posterior disposición de los equipos de laboratorios necesarios, con este proyecto se busca fomentar la investigación en áreas como las estructuras, pavimentos, suelos, sísmica y dinámica entre otras; así mismo el diseño y la construcción del edificio busca que los estudiantes se familiaricen con los materiales mas comunes de la ingeniería como lo son el concreto y el acero, y puedan tener una visualización clara de todas las redes internas que contiene el edificio; por último y por esto lo menos importante, la UIS y en especial la escuela de Ingeniería Civil proyectan implementar dos programas de maestría para las áreas de estructuras e hidrología desde el próximo año una vez se tenga certificado el edificio de Caracterización de Materiales de Construcción.

Se pretende por tanto, con este trabajo de grado, analizar el seguimiento integral de la obra, sus procesos licitatorios, las obras concebidas y realizadas en el sitio de construcción,

sus procesos, igualmente procura hacer énfasis en aquellas actividades constructivas, las cuales merecen especial atención, como lo es la construcción de la escalera metálica autoportante, construcción del muro de contención y la construcción del muro de reacción entre otras mas, es preciso incluir en este documento de grado aquellas enseñanzas dejadas por los mismos trabajos de obra, aquellos conocimientos que solo se adquieren por medio de prácticas presenciales, por que es de reconocer que el conocimiento se desarrolla por medio del aprendizaje académico y del aprendizaje de la experiencia; para el desarrollo de este tipo de competencia, se utilizó como metodología en base al seguimiento de los procesos y a la colaboración en obra como auxiliar de la oficina de Contratación y Proyectos de Inversión de la UIS.

Uno de los innumerables frutos y/o resultados obtenidos de esta práctica, se expone al interior de este documento como un aporte al proceso de seguimiento investigativo integral del proceso constructivo, el cual muestra una forma distinta y muy útil de realzar consultas de cantidades de obra para todo tipo de actividades administrativas, además deja el camino para futuras adecuaciones; este aporte, conviene decirlo, resulta de mezclar conceptos de los sistemas de información geográfica, con los procesos vividos en una obra de construcción civil.

Es conveniente precisar, que el alcance intelectual y de interés legible de este libro no solo atañe al profesional del área de la Ingeniería Civil, sino a todo aquel estudiante interesado en mejorar sus ideales conceptuales sobre construcción civil; no es concebible desde mi punto de vista educativo, cernir el conocimiento limitándolo en sus contenidos, dejando muchas de las actividades realizadas en el Centro de Caracterización de Materiales de Construcción solo para mi.

1 GENERALIDADES DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

1.1 OBJETIVOS

❖ General:

A través de los conocimientos apropiados durante mi vida universitaria y con el apoyo de las misiones, investigaciones y conocimientos adquiridos en la presente práctica, desarrollarme como Ingeniero Civil, extrayendo el mayor provecho de estos dos ámbitos del conocimiento.

❖ Específicos:

- ☞** Desempeñar labores analíticas, técnicas y administrativas, en la adecuación de los laboratorios de Caracterización de Materiales de Construcción de la escuela de Ingeniería Civil de forma orgullosa; al igual involucrar el criterio de ingeniero a favor de las actividades relacionadas con la práctica empresarial.
- ☞** Revisar y realizar seguimientos de cantidades de obra en los diseños arquitectónicos, estructurales, hidráulicos y sanitarios, encontrando posibles errores y sugiriendo soluciones alternativas; para de esta forma adquirir conocimiento de las citadas metodologías de cálculo.
- ☞** Transmitir a toda la comunidad futura y contemporánea de Ingenieros Civiles de la UIS todos los procesos constructivos y gerenciales llevados a cabo en la edificación de la obra insignia de nuestra escuela, siendo estos incluidos en el presente libro.
- ☞** Realizar seguimientos a todos los procesos constructivos en obra y detalladamente a aquellos que representan un valor o significado, tanto monetario como vital para la obra; realizando actividades de auxiliar de residente de la oficina de interventoría.
- ☞** Ejecutar junto con el anterior objetivo, un aporte al conocimiento, basado en el procesamiento y consulta de las cantidades de datos por medio de un sistema de información geográfico constructivo en 3D.

- ☞ Aprender el manejo financiero en obra, los procesos de conformación de actas de recibo parcial de obra, así como las actividades de índole administrativo y de control en obra, tales como la programación de obra y los comités de obra.
- ☞ Aprender sobre la utilización de los materiales constructivos, procedimientos constructivos, el conducto regular a seguir en obras con subcontratos, al igual que ayudar en procesos relacionados con la interventoría.
- ☞ Adquirir por medio de la citada práctica, experiencia profesional, resaltando los nuevos conocimientos adquiridos y vividos.

1.2 METODOLOGÍA

Dentro de la formulación del nombre del proyecto, la palabra integral hace referencia a todos los aspectos necesarios para la materialización de un proyecto de gran magnitud, los cuales deben ser estudiados desde sus fases preconstructivas hasta las etapas postconstructivas; por esto, se considera que la metodología se contempla dentro de estos procesos.

❖ Proceso Preconstructivo.

En el cual se adelantó los trabajos y estudios requeridos previos a la construcción; tales como el estudio de los diseños, visitas al sitio de la construcción, pronóstico de futuros problemas de obra, análisis de cantidades de obra de capítulos claves en cuanto a presupuesto y que se presenten en etapas iniciales; estos informes y pequeñas investigaciones fueron presentadas a la Dirección de Contratación y Proyectos de Inversión para que se tomaran acciones preventivas y correctivas a tiempo. Los planos y diseños se estudiaron con detalle a fin de memorizar el proyecto y reflejarlo espacialmente.

❖ Proceso Constructivo.

Este proceso abarcó gran parte del tiempo destinado para el desarrollo de la práctica empresarial, igualmente es uno de los mas importantes, debido a que desde el se extraerán los datos, análisis e informaciones pertinentes para los estudios desarrollados en la asistencia operativa.

En este proceso se realizó un control de la programación de obra utilizando el programa Microsoft Project 2003.

El proceso constructivo como tal requiere análisis de todas las cantidades de obra en conjunto con la oficina de interventoría de la obra, un estudio de eventos constructivos especiales.

❖ Proceso Evaluativo de oficina.

En el cual se realizaron los trabajos encaminados a desarrollar documentos relacionados con la práctica empresarial; este proceso se vio afectado por las etapas finales de obra, en las cuales los procesos administrativos de actas finales de entregas del edificio tomaron lugar, no obstante, estos trabajos en obra ayudaron en buena forma a complementar cantidades de obra reales, materiales empleados en ella, valoraciones a los rendimientos previstos para la obra, todos estos ayudaron a complementar relaciones entre lo realmente construido y lo contratado en temas relacionados con costos como: la programación de obra, presupuestos, impacto ambiental, cantidades y actividades adicionales de obra y una breve idea sobre la eficiencia de los materiales en obra.

1.3 APOORTE AL PROCESO DE PRÁCTICA EMPRESARIAL

En el presente estudio al seguimiento integral de los procesos encaminados a lograr un proyecto, se trabaja un aporte relacionado con una nueva forma de controlar y consultar tiempos y cantidades de obra, una ayuda para todos los procesos administrativos de la obra, en los cuales se necesitan datos y a su vez ubicación de estos. A todo lo largo del seguimiento temporal de la obra, se notó una falta de herramientas modernas para la ingeniería en construcción, igualmente, se pudo observar que las cantidades de obra son hechas una y otra vez prácticamente todos los días desde que comienza la obra hasta que termina, haciendo perder tiempo a los ingenieros residentes, desgastando su misión en una obra y lo mas importante desmotivando al personal residente; es por esto que se pensó desde un principio en recopilar información preconstructiva y montar un modelo en un sistema de información geográfica que modelara los materiales y objetos de la obra, de manera tal que pudieran ser consultados y verificados. La idea en este sentido da pie para que igualmente el modelo en SIG pueda convertirse en un sistema que ayude a controlar las actas de recibo parcial de obra, controlando los costos de cada ítem entre otras cualidades que se pueden indexar en la base de datos. Es así como para este trabajo de grado se realiza una SIMULACIÓN 4D para la industria A/E/C (Arquitectura, Ingeniería y Construcción, por las siglas utilizadas por la Universidad de Stanford), con los planos “As Built” generando un modelo totalmente confiable visualmente e indexando una y solo una sola vez las cantidades reales de obra y los costos de cada uno de los ítems a las bases de datos para ser consultadas dependiendo de las necesidades del usuario.

2 PRIMERA PARTE: ASISTENCIA CONSTRUCTIVA AL CENTRO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

En el presente capítulo, presento temas relevantes a personas que desean conocer los procesos constructivos, los contratos y el alcance de las obras, y que tienen un pequeño interés por abordarlos, igualmente se exponen los procesos constructivos relacionados con ajustes acontecidos en obra no contemplados al inicio de esta.

2.1 DESCRIPCIÓN, UBICACIÓN Y ALCANCES GENERALES DEL PROYECTO

Figura 1. Centro de Caracterización de Materiales de Construcción de la UIS.

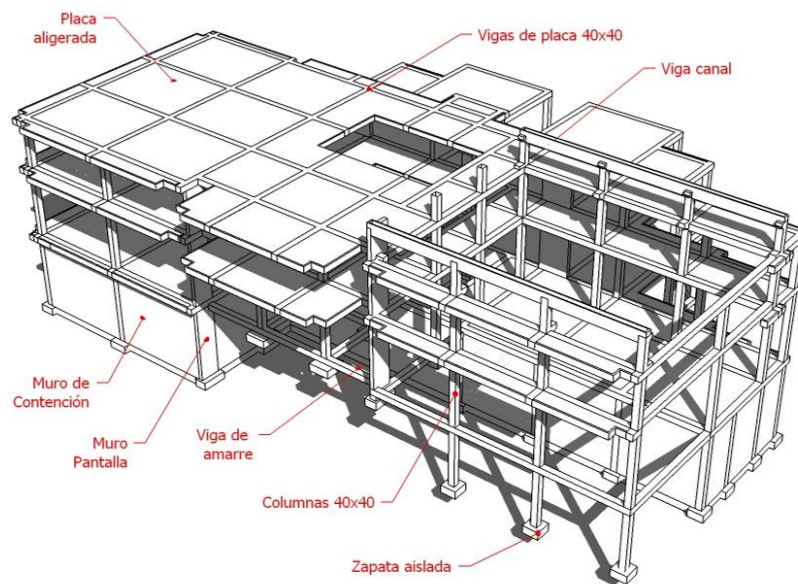


Fuente: Renderizado por Diego Raúl Calderón B.

La obra que albergará los laboratorios pesados de Ingeniería Civil, es una edificación de tres niveles, comprendidos por un sub sótano y dos niveles mas , tiene una altura desde el

nivel del pavimento de 8.30 m hasta el nivel de la placa de cubierta y alturas entre piso de 4.5m en el sótano, 4.5m en el primer piso y 3m en el segundo; la estructura en concreto reforzado, formada por una cimentación tipo “zapata Aislada”, una serie de columnas 40 x 40cm y diversos muros pantalla conforman un sistema estructural de resistencia sísmica tipo combinado y reciben la transmisión de cargas de la placa aligerada en una dirección

Figura 2. Elementos estructurales en concreto reforzado.



Fuente: Renderizado por Diego Raúl Calderón B.

En el sub sótano como parte de la estructura del edificio, se encuentra un muro de contención de tierras en concreto reforzado ubicado hacia el costado Norte. El edificio cuenta con una cubierta en placa maciza de 484.83m² y una cubierta en teja thermoacoustic de alrededor de 244m² para el laboratorio de estructuras y una cubierta de lámina en policarbonato de 67m² en el foso de escaleras.

La estructura metálica del edificio está compuesta por tres grupos importantes, los cuales son, la cubierta metálica para el laboratorio de estructuras, formada por cuatro cerchas dobles, con sus respectivas correas y arrostramiento central; igualmente como estructura metálica, un armazón metálico para la cubierta del foso de escaleras en forma de cono; y finalmente la estructura metálica que desde el ingreso al laboratorio puede divisarse, se trata de la escalera metálica autoportante en acero, con vigas en sección cajón formadas por dos ángulos y pasos de lámina doblada en hierro. La idea de la escuela de Ingeniería

Civil y de la UIS misma es poder armonizar las distintas opciones constructivas en un edificio, tales como la estructura metálica y la estructura en hormigón armado, también la de dejar todas las redes a la vista, tanto las eléctricas, como las hidrosanitarias, como las de cableado estructurado, la red de gas natural y los ductos de aire acondicionado, para con esto incentivar al estudiantado de Ingeniería Civil y que ellos puedan ver esta armonización de estructuras y analizar las redes hidrosanitarias en clase y en el edificio.

Las salas interiores, formadas por ladrillos tipo H-15, H-10 y ladrillo a la vista tipo Hollman, conforman espacios adaptados para los laboratorios de Caracterización de materiales, Acondicionamiento de probetas par servicios y para docencia, Zona de Hidrocarburos, un cuarto eléctrico, dos oficinas, una cámara húmeda, dos depósitos, un compresor, un salón para albergar equipos ruidosos, un cuarto de tableros eléctricos y una subestación eléctrica y un salón disponible; todos los anteriores ubicados en el sub sótano el cual comprende un área útil total de 813.13m²; en el primer nivel la arquitectura propuesta conforma áreas aptas para: un cuarto de administración, un salón de almacenamiento de equipos, un laboratorio para ensayos de docencia, dos baños uno para hombres y otro para mujeres, un cuarto de aseo, un laboratorio de topografía y fotogrametría, un laboratorio de estructuras, acústica y sísmica, un cuarto de sísmica, un imponente y sobresaliente laboratorio de estructuras y una oficina y depósito para este laboratorio; todos estos espacios comprendidos en un área de 1000.19m²; para el segundo y último piso, la conformación de espacios permitió que se propusieran espacios para la investigación es así como se encuentra una sala para grupos de investigación, un salón de presentación de investigaciones llamado aula, dos baños para profesores y un puesto de trabajo para estos mismos, igualmente cuenta con dos terrazas con excelente vista, este nivel también cuenta con un pasillo desde el cual se puede tener una panorámica del laboratorio de estructuras, los espacios anteriormente comentados son distribuidos en 831.35m²; para un total de 2644.67m² habilitados para la academia.

La construcción comprende también la construcción de ménsulas para sostener un puente grúa y las cerchas en el laboratorio de estructuras, el montaje de las instalaciones hidrosanitarias. Instalaciones eléctricas, cableado eléctrico y estructurado y aires acondicionados; igualmente el edificio, cuenta con dos vías en pavimento rígido, de acceso al sub sótano y al primer piso, ambas ubicadas al costado Oriental del edificio, así mismo tiene construido el que para mi forma de ver es el elemento insignia de la edificación, el muro de reacción del laboratorio de estructuras, con una altura 6.38m y con alrededor de 52m³ de concreto reforzado que corresponden a 124.8 Toneladas.

La construcción y equipamiento de este edificio busca mejorar las instalaciones locativas de los actuales laboratorios con el fin de mejorar el ambiente de trabajo, tanto docente como de investigación y de servicios. Es de vital importancia para el proyecto la propuesta

de impulsar las maestrías de Estructuras e Hidrología, impulso que se llevará a cabo el próximo año (2007) con la eventual certificación del edificio por el ministerio de educación. Así mismo, se busca implementar servicios legalizados que permitan ser utilizados por la industria local de la construcción, y actualizar los laboratorios existentes de acuerdo a los avances científicos con el fin de mantener los estándares de docencia, investigación y servicio a la escuela de Ingeniería Civil. Estructuras y de Hidrología, así como obtener mas espacios de mayor calidad para laboratorios.

El Centro de Caracterización de Materiales de Construcción se localiza en el campus central de la Universidad Industrial de Santander en Bucaramanga y principalmente en el costado Noroeste adyacente a la estructura del vivero de la escuela de Biología, colindando con el muro de delimitación de la Universidad y la vía principal interna.

Figura 3. Antes y después en la localización de la obra.



Fuente: Fotografías tomadas por Diego Raúl Calderón B.

En el costado sur de la obra se pueden observar las fachadas posteriores de los edificios de Ingeniería Eléctrica, Laboratorio de Hidráulica y Laboratorios de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Este terreno sirvió en otras épocas como botadero de escombros y de excavaciones de tierra de los demás edificios del campus y posteriormente en forma parcial como invernaderos de la escuela de Biología.

2.2 FIRMAS CONTRATADAS

La Universidad Industrial de Santander, con el fin de mejorar los procesos administrativos, obtener un mejor control sobre los procesos contratados para las obras civiles y con el fin de reducir los costos financieros y/o estrechar las partidas correspondientes a presupuestos estimados decide diversificar los contratos de construcción de las obras mas importantes y por consiguiente de mayor presupuesto para la ciudad universitaria; proponiendo de esta forma, contratos para la obra civil, las obras de carácter eléctrico y las obras de carácter de aire acondicionado en lo referente a la materialización integral del edificio; proferidos por medio de licitaciones públicas. De esta forma se obtuvo las siguientes licitaciones y sus correspondientes ganadores:

- ☞ Licitación pública No 026 de 2005 CONSTRUCCIÓN EDIFICIO CENTRO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Contratista: CONSORCIO ORSEPE INGENIERIA (Ing. Orlando Serrano Pedraza, Ing. Cesar Orlando Serrano Baez)

- ☞ Licitación pública No 031 de 2005 CONSTRUCCIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS Y DE COMUNICACIONES DEL EDIFICIO CENTRO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Contratista: Unión Temporal DELTA-UIS

- ☞ Licitación pública No 082 de 2005 SUMINISTRO, MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO Y VENTILACIÓN MECÁNICA PARA EL EDIFICIO CENTRO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Contratista: Proyectos y Servicios Ltda.

Para ejercer en nombre de la Universidad Industrial de Santander, un control integral sobre el proyecto, controlar, vigilar y verificar el cumplimiento de las obligaciones y/o la ejecución integral de todos los trabajos de los contratados por la UIS; se contrató por medio de una convocatoria, la Interventoría, la cual también tuvo que asistir y asesorar a la UIS en todos los asuntos de orden técnico, financiero, económico y jurídico que se susciten durante la ejecución de los contratos.

- ☞ Convocatoria No 081 de 2005 INTERVENTORÍA DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCION DEL EDIFICIO CENTRO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Contratado: Ingeniero Javier Serrano Arenas.

2.3 DESARROLLO DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y AJUSTES TÉCNICOS.

Aunque desde el día 23 de Diciembre comenzaron las actividades de localización y replanteo de las estaciones topográficas, propuestas en el plano arquitectónico correspondiente a la planta general del primer piso, con la ubicación de una poligonal con tres estaciones, el desarrollo de la obra realmente comenzaría el día 27 de diciembre del 2005 con la remoción de cercas vivas, basuras, material de abonos de la escuela de Biología y comienzo del cerramiento del lote.

Figura 4. Iniciación de trabajos de obra civil.



Fuente: Fotografía por Diego Raúl Calderón B.

En este comienzo de obra se vislumbró el hecho de cantidades de obra faltantes en el presupuesto inicial, tales como la remoción de la cerca viva, tala de árboles, demolición de estructuras existentes, entre otras; las cuales se incluyeron mas adelante en un contrato adicional de mayores cantidades de obra.

Una de las más grandes actividades realizadas, tiene que ver con la excavación a máquina y el acarreo del suelo para conformar el área del sub sótano y la cimentación en ese mismo nivel. Mi primer trabajo de investigación propia en la obra fue determinar el volumen real a excavar con máquina en la obra, ya que 800m^3 , a mi modo de ver me parecían un poco engañosos; realizando una serie de modelamientos aproximados en el

programa de diseño asistido por computador AutoCAD, pude pronosticar un aumento del 97% un valor de 1580m³ con respecto a la cantidad original, esto, sin tener en cuenta las excavaciones a máquina necesarias para las vías de acceso, las inevitables excavaciones a máquina de la capa vegetal, ni el factor de expansión. Las excavaciones para conformar el sub sótano demoraron 26 días y permitieron descubrir capas arcillosas, arenosas y rocosas sobre las cuales comenzó la excavación manual para las zapatas y vigas de amarre.

Figura 5. Excavación para conformación del sub sótano.



Fuente: Fotografía por Diego Raúl Calderón B.

Una vez terminado este proceso se llevaron a cabo las actividades tendientes a localizar topográficamente los ejes del edificio (ver figura 10) para la posterior demarcación con cal de las zapatas, en estos procesos se utilizaron materiales como el nivel de manguera, picas, palas, carretas, equipo topográfico incluido el teodolito y maderas entre otros.

Figura 6. Localización, excavación y conformación de zapatas aisladas.



Fuente: Fotografías por Diego Raúl Calderón B.

La cimentación en concreto reforzado de 3000psi (210Kgf/cm²), por medio de zapata aislada en el sector del sub sótano, fue necesario tener en cuenta el nivel en que esta tendría que quedar, debido a que es un punto crítico para todo el desarrollo de la obra; es así como, si la zapata queda muy enterrada, el edificio en su totalidad lo quedará así, significando con esto que se necesitarían escaleras en bajada para ingresar al edificio y también posibles inundaciones por este motivo, pero si de lo contrario la zapata es ubicada por encima del nivel especificado el edificio queda levantado haciéndose necesarios escalones no contemplados los diseños arquitectónicos; en este punto fue necesario evaluar que tan elevado estaba el edificio para que no se presentaran inundaciones en el primer piso ni en el segundo.

El desarrollo de la estructura vertical, estuvo supeditado al avance de las obras de cimentación, lo cual generó las primeras contingencias ya que en algunos sitios no se encontraron las resistencias adecuadas para cimentar la estructura ...véase numeral 3.3..., la estructura vertical conformada por una serie de columnas y muros en concreto reforzado significó una labor igualmente complicada, debido a la gran altura de entrepiso (4.65m incluido el piso), es necesario aclarar que el concreto de las columnas es concreto a la vista lo cual se requiere una vibración adecuada y una buena calidad de los agregados del concreto; en cuanto al muro de contención de concreto reforzado de 3000psi (210Kgf/cm²), se propuso fundirlo una vez se tuviera armada la tarima para el primer piso, para poder hacer el acarreo del concreto de una forma mas simple y evitar subir el concreto los 4.65 metros. La fundida del muro de contención tuvo especial atención debido a la gran fuerza que produce el concreto dentro de la formaleta y que podría hacer

estallar las corbatas, abrir la formaleta y salirse el concreto, para evitar esto, se reforzó las paredes de la formaleta con parales inclinados.

Figura 7. Desencofrado y formateado de muro de contención de tierras.



Fuente: Fotografía por Diego Raúl Calderón B.

Con el comienzo del entarimado, se inició el armado de vigas, posteriormente el tendido de la malla electrosoldada para la torta inferior y seguido el armado de las viguetas para la fundida de la placa, igualmente los procesos de fabricación del aligerante, el que para esta construcción constituyó en un armazón de madera cosido con una tela de material sintético, el proceso continuó con la instalación de la malla para torta superior y los ductos de la parte eléctrica. Cabe resaltar hasta este punto que una de mis contribuciones al lado de la oficina de interventoría, consistió en la verificación de todos los elementos de acero, tanto como varillas como mallas, control de ubicación de varillas para vigas, para columnas, muros, muro de contención y zapatas, inspección de la malla de refuerzo superior e inferior, igualmente una vigilancia de las separaciones exigidas por la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-98 para recubrimiento del acero y la formaleta, también se verificó el correcto espaciamiento entre casetones para garantizar el ancho de la vigueta. Estas inspecciones se desarrollaron en todos los tiempos de la obra.

Una vez verificada la estabilidad y correcta posición todos y cada uno de los parales que sostenían la tarima, tales como contravientos, parales, crucetas, retranques y tablas, estas últimas en el pie del paral para evitar penetración del paral en el suelo, al igual que la verificación de la correcta posición y empotramiento de las formaletas que conforman la banda de la placa, se procedió el día 12 de febrero del 2006 a fundir la placa correspondiente al nivel 0.00m

Figura 8. Instalación de ductos eléctricos y fundida de placa N+0.00m



Fuente: Fotografías por Diego Raúl Calderón B.

Los trabajos de la fundida de la placa tomaron desde las 10:00 a.m. hasta alrededor de las 10:00 p.m. y fue realizada un día domingo para facilitar las salidas y entradas de los camiones con concreto y evitar traumatismos a la comunidad universitaria.

Las actividades relacionadas con la conformación de la placa siguiente, es decir, la placa del nivel +4.90m se llevaron acabo durante 12 días contando los días hábiles y trabajados en obra, días en los cuales se desarrollaron tareas tales como el armado y la fundida de las columnas del primer piso, el parcial desencofrado de la placa del nivel +0.00m, el entarimado de la placa del nivel +4.90, la compactación y relleno de zonas necesarias para conformar la resistencia necesaria en el nivel 0+00 en las zonas de la entrada principal y el laboratorio de estructuras, zonas tendientes a levantar columnas para la placa de nivel +4.90. En la compactación surgió un problema comentado en posteriores capítulos ...véase numeral 3.3..., por el cual no se pudo fundir la placa completamente pero por requerimientos de tiempo en los procesos se hizo necesario completar la actividad así fuera solo una parte. Los trabajos contemplaron a su vez la instalación de las platinas para

la escalera metálica autoportante y la instalación del filtro para niveles freáticos del muro de contención.

Figura 9. Fundida de columnas del nivel +0.00m y de placa de nivel +4.90m.



Fuente: Fotografías por Diego Raúl Calderón B.

Los demás trabajos de fundida de la última y tercera placa tendrían lugar el día 14 de marzo del 2006 y comprenderían prácticamente los mismos procesos necesarios para fundir la segunda placa adicionándole los trabajos encaminados a construir las ménsulas para el puente grúa del laboratorio de estructuras, es de recalcar que los procesos de fundida de placas es una parte vital en las obras de construcción de edificaciones, debido a que la conclusión de estas, genera una gran cantidad de actividades, como lo son el deformaletado, la iniciación de los trabajos de mampostería, el comienzo de los trabajos hidrosanitarios, comienzo de trabajos en frisos para muros y frisos bajo placa; igualmente terminar las fundidas de las placas es de vital importancia económica para el contratista, debido a que con esto, se pueden realizar las entregas del material de préstamo, como lo son los parales, la formaletería metálica y de madera, cerchas para las tarimas, chapetas para la unión de formaletería metálica y distintos elementos de herramienta menor.

El edificio del Centro de Caracterización de Materiales de Construcción, necesitó de cuatro tipos de ladrillos, los denominados H-10, H15, Hollman a la vista y Temosa, las obras de mampostería comenzaron el día 16 de febrero con mampostería en H-15, justo después de la fundida de la primera placa y se extenderían hasta la segunda semana de junio con la mampostería a la vista tipo Hollman, este proceso constructivo, de vital importancia para el desarrollo de la arquitectura y los espacios del edificio; junto con la pintura, la mampostería fue uno de los ítems que presentó mas cantidad de desperdicio

obteniéndose porcentajes cercanos al 6% en desperdicio de ladrillo a la vista (valores extraídos por el autor, de lo conocido en obra por parte del contratista y de las cantidades totales realizadas en la interventoría).

Los frisos, proceso constructivo de revestimiento de paredes el cual está completamente ligado a la terminación total o parcial de la mampostería cualquiera sea su tipo; en referencia a esto último, aclaro que los frisos en el Centro de Caracterización de Materiales de Construcción fueron necesarios para cubrir todo tipo de ladrillo en los muros, tanto H-15, como ladrillo a la vista, en este caso a la vista por una sola cara en algunos muros. Los frisos, que anteceden a un acabado final con estuco y que es realizado por una persona especial, la cual normalmente sabe hacer solo esa labor; estos, no tuvieron gran impacto en los tiempos de obra, no creando contingencias y de alguna u otra forma pasando desapercibidos, gracias a la calidad de los frisadores. Seguido y muy ligado al proceso anterior, el estuco, proceso que debe tener en cuenta el secado de los frisos para su aplicación que consta de dos capas básicamente y el terminado de la superficie depende en gran medida de la persona que aplique el estuco, de la calidad de la mezcla del yeso y de la llana de madera que use en ese momento, además de que fue una actividad de función decorativa en la obra, también ayuda al reforzamiento del muro y a su impermeabilización. Así mismo el uso del estuco en el Centro de Caracterización de Materiales de Construcción, se propuso como solución arquitectónica para reducir las aplicaciones de pintura en los muros, de todas formas, el consumo de pintura durante la obra fue bastante grande, debido en gran medida al trabajo de varios contratistas fuera del contratista civil, los cuales poco o nada les importaba si se ensuciaba o curtía una pared recién terminada.

La obra del Centro de Caracterización de Materiales de Construcción, tuvo gran cantidad de actividades de construcción en obra, muchas de estas ya explicadas hasta el momento, en este subcapítulo se destacan las más importantes e influyentes y que también fueron objeto de investigación por grupos de estudiantes de las asignaturas de Construcción I y Construcción II de la escuela de Ingeniería Civil de la UIS, como lo fueron las estructuras metálicas allí construidas, estas constituidas por la construcción de 4 cerchas dobles con sus correas para el laboratorio de estructuras y una escalera auto portante. Las cerchas y correas comenzaron su construcción y soldadura en obra, una a una según los planos de diseño, el día primero de marzo del 2006, primero con la fabricación de correas y unos días después con la fabricación de la primera cercha, la cual serviría de plantilla para las posteriores, cada cercha con un peso aproximado de 252.6Kg y cada cercha doble con 505.2Kg sin pintura, era armada y posteriormente soldada sobre la plantilla y una vez listas se les aplicaba sus dos capas de pintura anticorrosiva, seguido a este proceso y después de varios días la pintura blanca era aplicada.

Figura 10. Ubicación y soldada de elementos en acero de las cerchas.



Fuente: Fotografía por Diego Raúl Calderón B.

El ítem de cerchas metálicas quedaría terminado con el izado y anclaje de las cerchas a su lugar en las ménsulas del laboratorio de estructuras, especialmente diseñadas para este fin, el montaje de las correas, la instalación de la teja thermoacoustic roja y la soldada de los ángulos entre cerchas que sirven como arrostramientos entre ellas; en realidad, se buscó que el color de la teja thermoacoustic fuera el mismo color de identificación de la Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas, pero desafortunadamente, en el comercio de materiales de construcción Bumangués, era imposible.

En este mismo tema de las construcciones metálicas en la obra, pero en distinto ítem, la escalera metálica autoportante generó gran polémica en la obra, debido a los materiales requeridos por su diseñador, tales materiales, según el subcontratista eran imposibles de conseguir, por lo tanto hubo la necesidad de cambiar el material para los pasos y los perfiles tipo C para las vigas principales y vigas del descanso; esta crucial obra comenzó el día 13 de marzo con la soldada de los perfiles para las vigas, para el día 22 de marzo se habían soldado las vigas que conforman el descanso de la escalera, y se comenzaría el montaje y soldadura de las vigas principales. Esta actividad, desde su comienzo hasta las labores de montaje de los pasos y pintura, fue realizada por un oficial y un ayudante en su

gran mayoría y para alzar estas vigas hubo necesidad de usar un diferencial y varios juegos de andamios.

Figura 11. Etapas iniciales de construcción de la escalera metálica autoportante.



Fuente: Fotografía por Diego Raúl Calderón B.

El desarrollo del proceso constructivo de la escalera autoportante, requirió de mucho tiempo, se necesitó de tres meses y medio para su culminación y es uno de los puntos visualmente mas reconocidos del edificio.

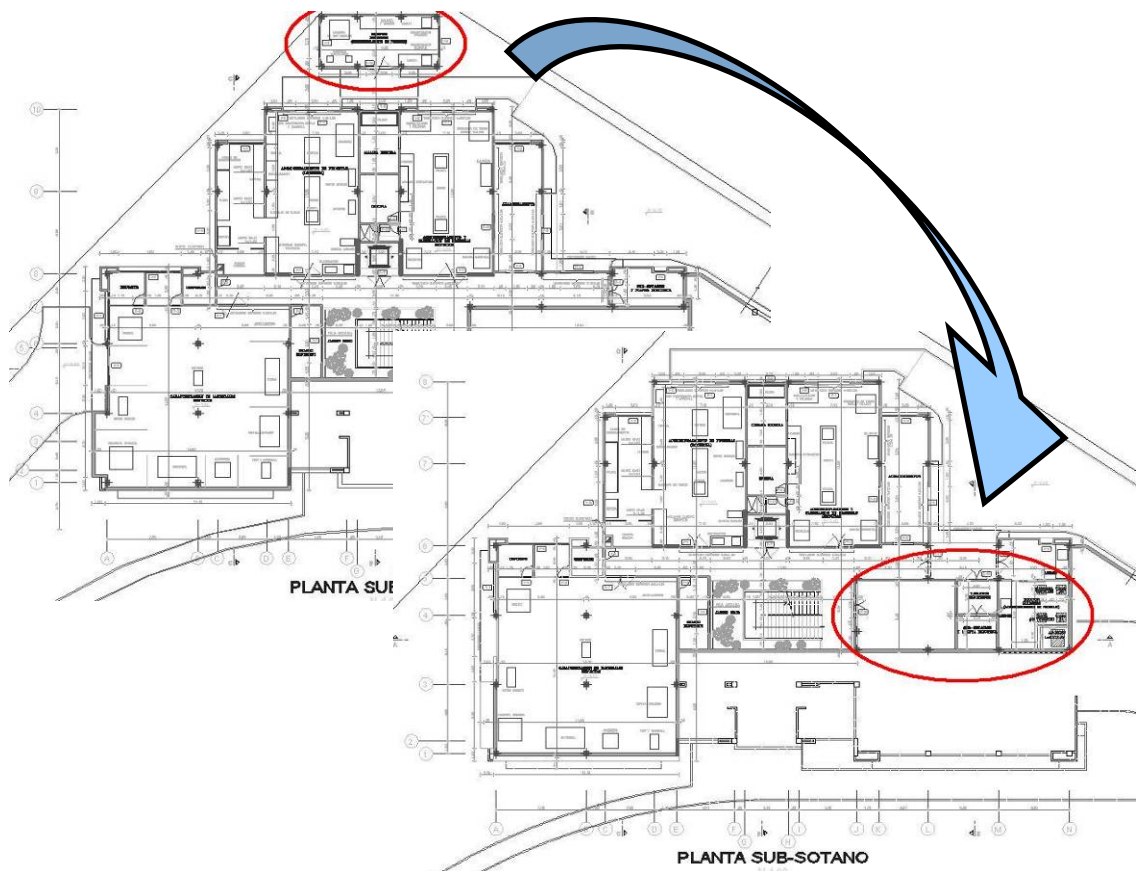
Entre los ajustes técnicos al proyecto se destacan los siguientes dependiendo de su relación:

- ❖ En relación a los espacios y el funcionamiento interior.

El espacio dedicado para el funcionamiento de los laboratorios de equipos ruidosos fue el que mas presentó inconvenientes con respecto a modificaciones espaciales, este modulo ubicado en la parte norte del sub sótano, colindando con el muro de cerramiento de la UIS, presentaba una situación de demasiada cercanía con los vecinos a residentes del barrio la

independencia, lo cual podría ocasionar, molestias por excesos de ruidos, ya que en el laboratorio de equipos ruidosos se alojará la máquina de los ángeles, además de esto, la altura de este modulo significaría el dejar prácticamente un trampolín desde las inmediaciones del barrio hacia el edificio ya que la altura del laboratorio de equipos ruidosos de 5 metros (incluyendo placa) era menor que la altura de la casa vecina y casi la misma altura del muro de cerramiento de la UIS; además para la construcción de este modulo se haría necesario realizar rellenos considerables en el suelo, suelo de relleno que de alguna u otra forma debería ser comprado, debido a que en el lote no se encontraron suelos realmente buenos para realizar rellenos. En su momento existían dos soluciones viables, la primera, encaminada a recubrir las paredes con revestimientos especiales para insonorizar el laboratorio e implementar mecanismos de seguridad para contrarrestar el riesgo de este tipo y la segunda reordenar espacialmente el laboratorio, cambiándolo de ubicación dentro del edificio.

Figura 12. Reubicación del laboratorio de equipos ruidosos.



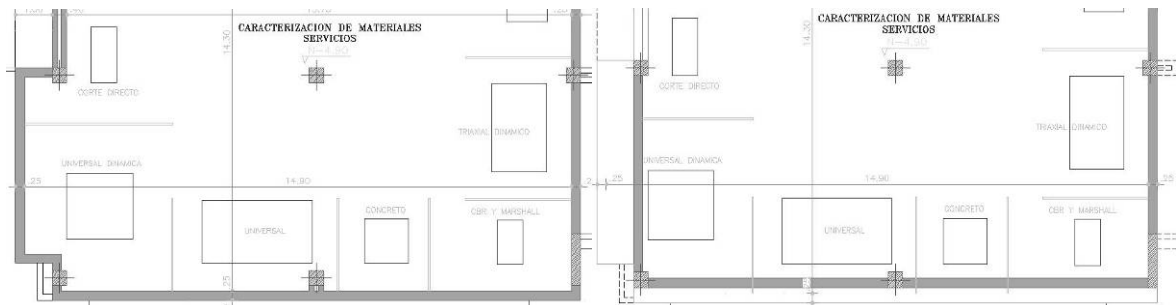
Fuente: Dirección de Contratación y Proyectos de Inversión de la UIS

Este ajuste, conciliado con el director del proyecto, arquitecto diseñador, el diseñador estructural, el constructor y el interventor entre otros, evitó traumatismos por inevitables adicionales de obra, con la posibilidad de reducción de costos y problemas operativos en la funcionabilidad de los laboratorios; igualmente esta decisión trajo consigo modificaciones en los cálculos de los elementos estructurales tales como el muro de contención de tierras, algunas vigas y viguetas de la placa del nivel +0.00 y algunas columnas, modificaciones en las redes de servicios y red de extractor de gases. La reubicación del laboratorio de equipos ruidosos, sin proponérselo generó un espacio adicional en el sub sótano, justo en frente de las escaleras.

La reubicación de la zona de equipos ruidosos conllevó a la reubicación del espacio destinado para la sub-estación.

El área correspondiente al laboratorio de caracterización de materiales (servicios) fue modificada con respecto a la original, debido a inconsistencias entre los planos estructurales y los planos arquitectónicos con respecto al muro de contención, en los planos estructurales el muro fue diseñado de forma monolítica con respecto al eje 1 de columnas, mientras en los arquitectónicos el muro de contención estaba aislado de ellas.

Figura 13. Modificación al muro de contención, eje 1 y eje A.



Fuente: Dirección de Contratación y Proyectos de Inversión de la UIS

En el primer nivel, las modificaciones a los espacios fueron más trascendentales, requiriéndose, solamente cambios en algunos muros, ubicación y disposición de estos como por ejemplo en la oficina del laboratorio de estructuras a la cual se solicitó que se incluyera una puerta para poder ingresar al laboratorio de estructuras al ingresar por la puerta principal del edificio, por este motivo este espacio se modificó de tal forma que

fuese igual a la oficina de administración. Igualmente hubo modificaciones menores a algunos buitrones, por falta de espacio para el cableado eléctrico.

En el segundo piso, se presentaron grandes reformas a la conformación de espacios para en los puestos de trabajo de profesores; por solicitud de estos mismos, la remodelación de los espacios tuvo que ver con las divisiones de cada oficina, los profesores de la escuela de Ingeniería Civil, enfatizaron en su necesidad de muros de mampostería para sus divisiones, así como, de una puerta en madera con cerrojo, imposibilitando la entrada a la oficina de ninguna forma, igualmente se necesitó adecuar dos oficinas mas de este tipo en la sala de grupos de investigación, esto con el fin de poder incrementar el número de profesores en el edificio y a su vez poder controlar las acciones realizadas por los estudiantes de maestría en la sala de grupos de investigación. Esta decisión produjo un aumento en las cantidades de mampostería en ladrillo H-10, así como también aumento en las cantidades de ductos de aire acondicionado, puertas entamboradas y cerrojos.

❖ Ajustes a la estructura sismo resistente.

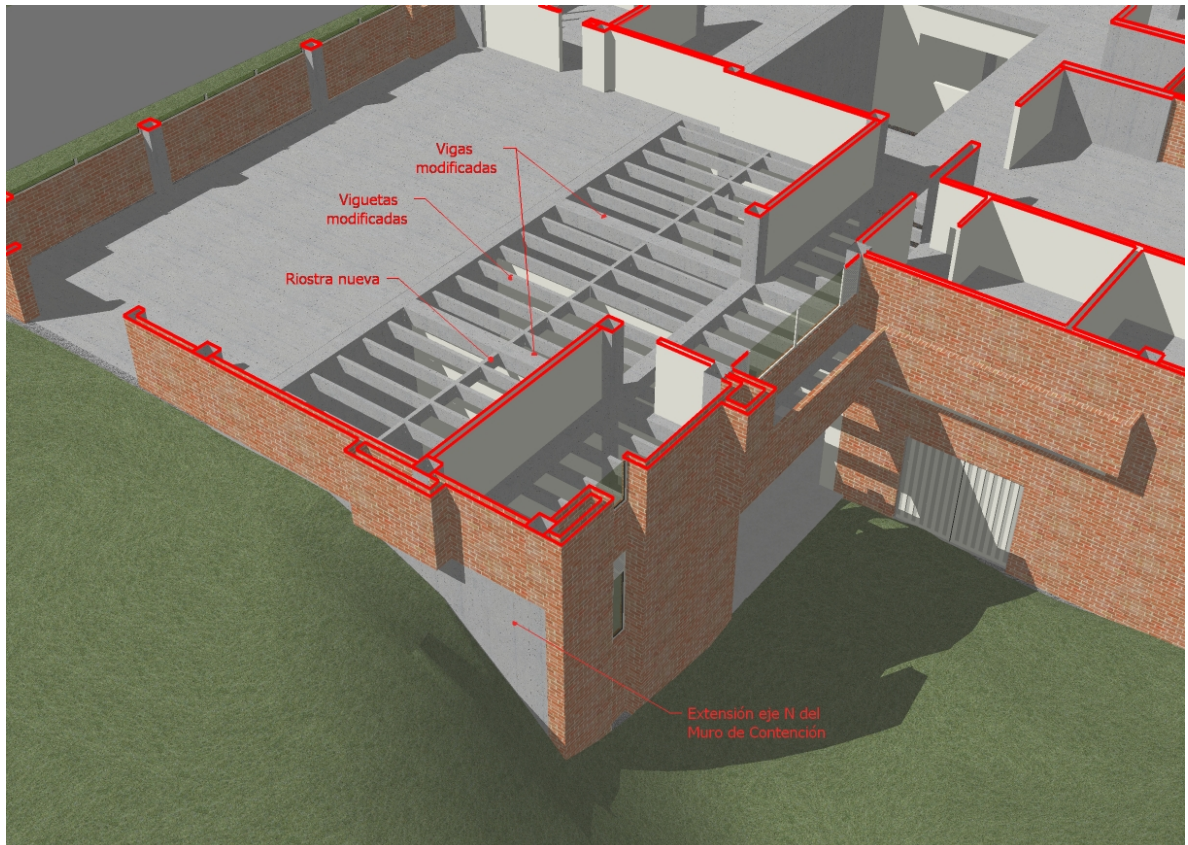
Las primeras modificaciones técnicas presentadas, se realizaron en el muro de contención de tierras, y parcialmente tratadas en la pasada subdivisión; se debe enfatizar que el muro de contención tuvo que modificarse con el traslado de el laboratorio de los equipos ruidosos, e igualmente fue extendido en sus extremos sobre los ejes A y N debido a la presencia de taludes. En la placa del N+0.00m se presentó una modificación importante en las vigas y viguetas adyacentes al muro de contención, justo sobre la zona creada para el laboratorio de equipos ruidosos. Hubo necesidad de rediseñar los elementos con la colaboración del Ingeniero encargado de los trabajos de cálculo estructural, igualmente hubo necesidad de tomar decisiones en obra en lo referente a ubicación y colocación de aceros y estribos ...véase figura 14...

En la cimentación del edificio hubo cambios en la cimentación del eje 1 a la altura del laboratorio de estructuras, en donde la cimentación originalmente debían quedar a un nivel de -1.10, pero debido a la necesidad de cimentarlas sobre pilotes de concreto ciclópeo, se escogió bajar la columna y cimentarla sobre suelo competente en vez de cimentar el pilote de concreto ciclópeo, es así como el nivel final de estas zapatas es de -5.00m ...véase figura 2..., de la misma forma, las vigas de amarre del pasillo de entrada y la zona del laboratorio de estructuras.

En relación con la estructura de las vigas del nivel +4.90m, se cambió la disposición de una de estas, en el portón de entrada al laboratorio de estructuras, a petición del diseñador arquitectónico, a este portón debía asegurarse una altura de 5m de altura, es por esto que la viga fue subida 0.50m desde su posición original, la idea es la de permitir el ingreso de

vehículos lo suficientemente altos al laboratorio, ya que en él, se plantea probar estructuras en tamaño real y podría ser necesario el ingreso de una estructura de tamaño real de estas dimensiones.

Figura 14. Algunos elementos estructurales modificados en obra.



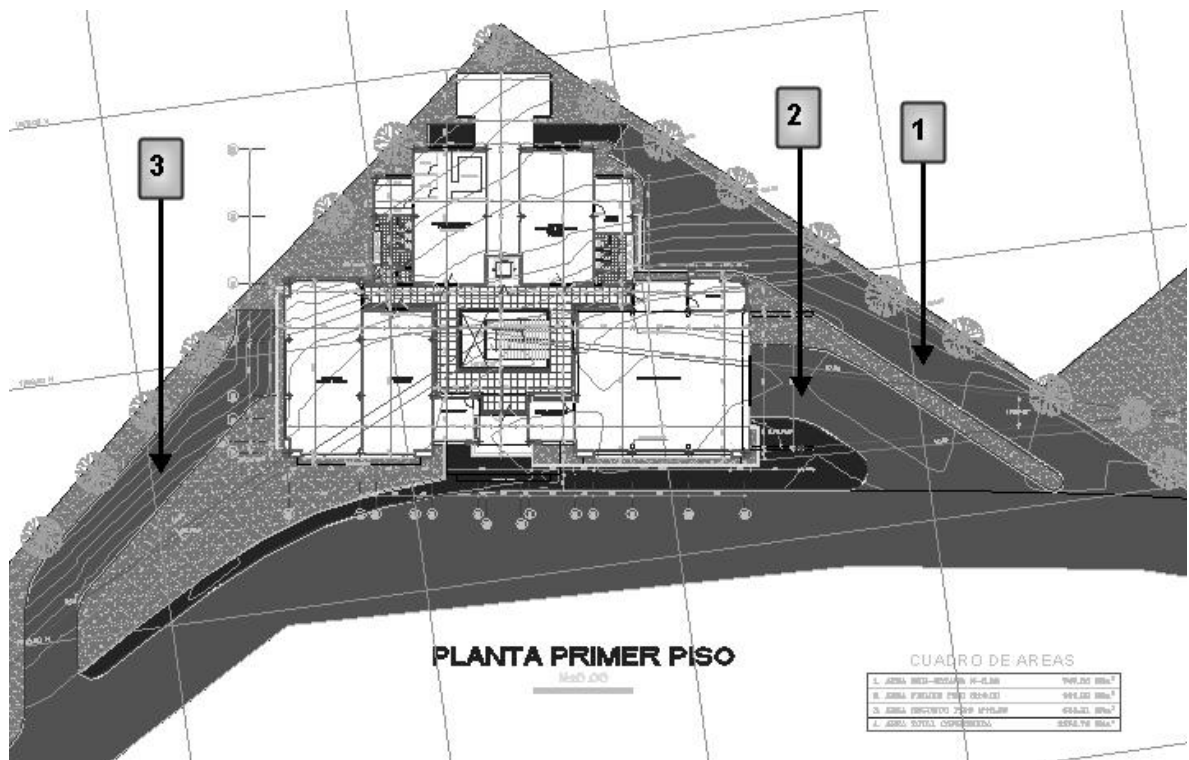
Fuente: Renderizado por Diego Raúl Calderón B.

En obra también se modificaron las viguetas de placa de la zona de profesores, debido a que no presentaban la longitud necesaria especificada en los planos arquitectónicos, igualmente las mensuras destinadas a soportar y transmitir las cargas del puente grúa por requerimientos de la oficina de interventoría fueron subidas 20cm de su posición original, también se hicieron importantes cambios en la placa de cubierta, al cerrarse el foso del montacargas; es considerable destacar también la eliminación de la columna N2 la cual fue remplazada por una columneta de 20x40cm debido a su cambio de posición a lo largo del eje N.

❖ Vías de acceso.

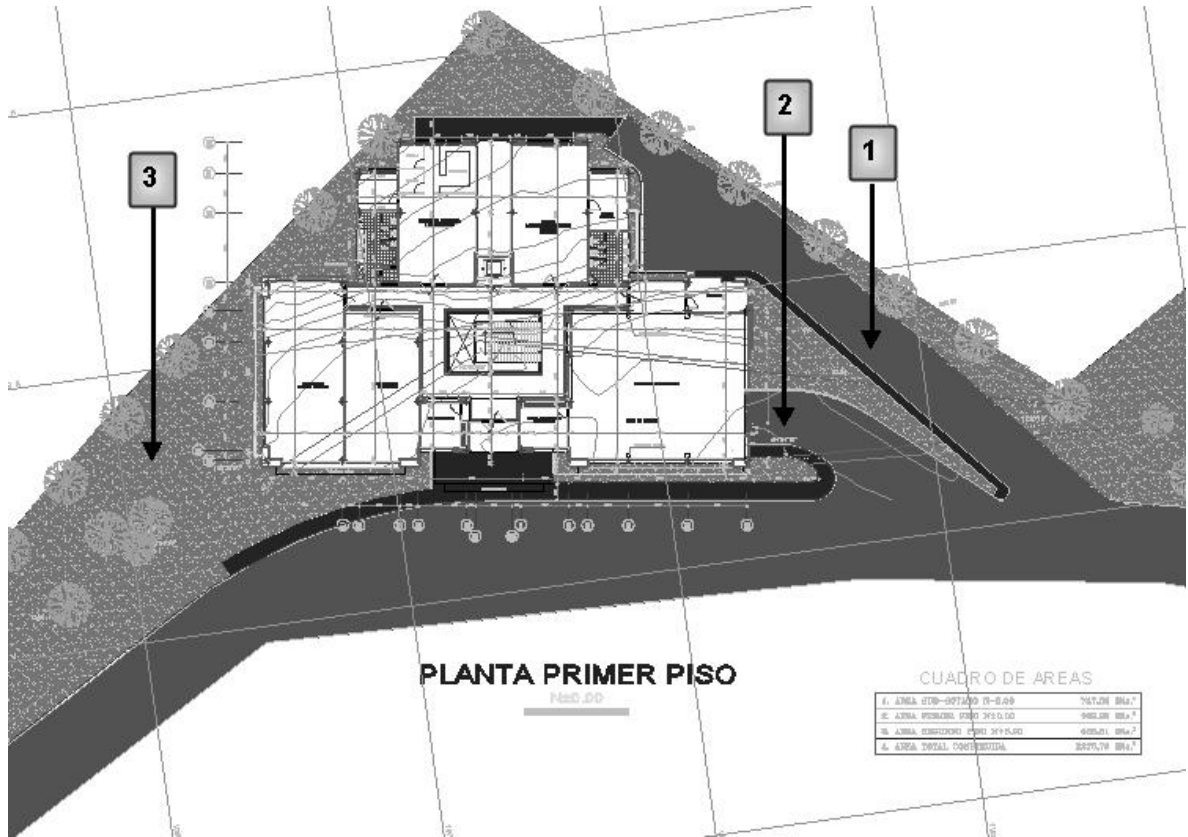
El acceso vial de automotores al Centro de Caracterización de Materiales de Construcción, en la etapa de diseño arquitectónico, consistía en tres accesos, dos en el costado oriental y uno en e costado occidental, la primera ...véase figura 15 (1)..., necesaria para obtener acceso de materiales para la zona de depósito de materiales y probetas para ser ensayadas en los laboratorios de acondicionamiento de probetas (servicios); la segunda (2) en el mismo sector se diseñó para tener acceso al laboratorio de estructuras, en el momento que se quisieran entrar probetas o extraer escombros de los procesos investigativos a realizar allí; la vía del costado occidental (3), estaba propuesta para el ingreso y posterior mantenimiento de equipos localizados en el laboratorio de caracterización de materiales (servicios). Todas estas al ser diseñadas pensando en vehículos pesados, tendrían que manejar una pendiente adecuada y por esto se convertían en un punto crítico a tener en cuenta, así como la posterior configuración de los taludes para garantizar que las bancadas de las vías existentes se mantuvieran en su sitio.

Figura 15. Vías de acceso presupuestadas para el laboratorio.



Fuente: Dirección de Contratación y Proyectos de Inversión de la UIS

Figura 16. Vías de acceso definitivas al laboratorio.



Fuente: Dirección de Contratación y Proyectos de Inversión de la UIS

Por medio de decisiones tomadas en obra, se determinó eliminar la vía occidental marcada con el número 3 en la figura 22, dada la poca utilidad de la misma, y economizando con esto cerca de treinta millones de pesos que se invertirían en esta obra, fuera de los costos adicionales que generaría por construcción de muros de contención del talud el cual no estaba contemplado en las cantidades de obra originales, igualmente la construcción de esta vía representaba un trabajo de estabilización de taludes importante debido a la pendiente de la escarpa en este sitio y la proximidad de la vía con el muro de cerramiento de la UIS, el cual no garantizaba un refuerzo en la parte baja del talud después de la bancada de la vía. Posteriormente, se procedió a la modificación de las vías del costado oriental (1) y (2), la primera con su cercanía al muro de cerramiento de la UIS podría generar conflictos constructivos e igualmente un trabajo de estabilización de taludes casi imposible, al quedar esta por debajo del nivel del muro y dejarlo prácticamente sin cimientos, quedando la modificación con una pendiente del 15.42%; la

modificación realizada para la segunda vía (2), se hace teniendo en cuenta el talud existente entre la vía esta y la vía (1), tratándose de dejar el mayor espacio posible para el desarrollo del talud y una entrada viable para los vehículos al laboratorio de estructuras.

❖ Concernientes a los acabados arquitectónicos.

Entre los procesos que más remitieron cambios a lo largo de los procesos constructivos, se refirió al cambio de los muros de concreto en fachada por muros de mampostería tipo Hollman para fachadas; según las especificaciones y planos dados por el arquitecto encargado del diseño, la fachada del edificio, debía constituirse por una armonización entre muros de ladrillo a la vista tipo Hollman y muros en concreto, la construcción de dichos muros en concreto comprometería trabajos en obra sumamente dispendiosos y meticulosos, incrementando los tiempos en obra, generando traumatismos y contingencias en los demás procesos; debido a las necesidades de cumplir con el plazo pactado de cuatro meses, se decidió, en comité administrativo de obra la eliminación de estos y su irremediable reemplazo por mampostería tipo Hollman.

3 CONTRIBUCION AL APRENDIZAJE ACADEMICO, EN LA OBRA

Las prácticas profesionales en el campo de la construcción y en muchos otros campos mas, además de ser un fuente práctica de los conocimientos adquiridos durante la el aprendizaje académico universitario, también generan en el estudiante una serie de conocimientos, los cuales no muy probablemente se podrán alcanzar en la teoría, en el gremio de los ingenieros egresados se les conoce como experiencia profesional e igualmente tratado entre los egresados como otra forma mas del conocimiento necesario y complementativo de los adquiridos en el pregrado. Por esto, este capítulo hace énfasis en aquellas actividades o procesos, los cuales complementaron los conocimientos adquiridos en mi educación universitaria de pregrado; la idea fundamental no es comparar la academia con la práctica de proyecto de grado, sino de mostrar los procesos en los cuales la práctica profesional ayuda al estudiante a comprender a fondo temáticas teóricas e igualmente las actividades que contribuyen aun mas a enriquecer los conocimientos de las áreas del saber en Ingeniería Civil.

3.1 PROCESO DE LICITACIÓN Y CONTRATACIÓN

Este concepto en la Universidad Industrial de Santander se rige en forma especial por los parámetros generales y específicos por el Reglamento de Contratación (acuerdo 052 de 1994), por la resolución 249 de abril 20 del 2004 y por los mismos principios y reglas de la ley 80 de 1993 a los cuales los pliegos hagan remisión expresa.

La licitación L026 “Construcción del Edificio de Caracterización de Materiales” contó con los mismos componentes aplicados a cada una de las licitaciones anteriormente ejecutadas; las cuales se realizaron con base en los siguientes parámetros:

- Para iniciar el proceso licitatorio la Universidad Industrial de Santander necesitaba tener en sus manos el CDP, a partir de dicho momento se iniciaría el proceso.
- Elaboración de Diseños Estructurales y Arquitectónicos, firmas contratadas por la UIS, con el fin de controlar cualquier cambio o sugerencias inmediatas en el momento de Construcción.
- Elaboración de Presupuesto con base en los planos estructurales (Cantidades de Acero, Concreto y Estructura Metálica); de los Planos Arquitectónicos (Cantidades de ladrillos, frisos, pisos y las demás cantidades necesarias en obra), cabe anotar que en dichos

diseños se había entregado con anterioridad las cantidades generales del Edificio, dicha información jugo un papel muy importante en el momento de corroborar las cifras obtenida sacada de planos con la suministrada por el diseñador.

- Con el presupuesto definitivo sacado del paso anterior se iniciaba el proceso, abriendo a licitación publica la Construcción del Edificio en la cual se anexó la (Adenda 1): Carta de Presentación del sobre No 1 Carta en la cual se indica el nombre completo de la persona que firmara el contrato, y acepta los términos estipulados en los volúmenes y adendas; (Adenda 2): contratos en ejecución, suspendidos o por iniciar; en este formato el proponente debe adjuntar la información requerida acerca de los contratos que tenga en tramite en el momento de la participación en la misma; (Adenda 3): experiencia especifica acreditada del proponente en contratos similares, esta acreditación los obliga a anexar toda la información necesaria para cumplir con los requerimientos del volumen en donde acredite la experiencia mínima necesaria para la formar parte activa en la participación del proceso; (Adenda 4): información financiera, en la información financiera el proponente presenta su activo corriente, pasivo corriente , total activo, total pasivo, etc. (Adenda 5): oferta económica, en esta adenda se incluye el valor total de la propuesta dada por cada uno de los proponentes: valor total antes de IVA y valor total de la propuesta, (Adenda 6); formulario de la propuesta: para este formulario se incluyen los precios unitarios de los formatos suministrados por el ente contratante para cada uno de los proponentes; (Adenda 7); cantidades y precios formulario de análisis de precios unitarios, para cada una de las propuestas se deben anexar las cantidades unitarias de las cantidades de los ítems a contratar.

Si se cumplen con los requisitos anteriormente mencionados se puede proceder a comprar los pliegos junto con sus planos en la Dirección de Contratación con el fin de participar en conjunto con cada uno de los proponentes.

En dicha licitación se presentaron 20 participantes los cuales después de evaluar cada uno de los ítems anteriores pasando solo aquellos que cumplieran con todos los requisitos se procedió a la evaluación económica, dando como ganador Consorcio ORESEPE de la siguiente forma:

Inicialmente se sacaron los valores de CB max1 y CB min1, con el fin de obtener los valores del Linf1 y Lsup1, y posteriormente se calculó la media geométrica para los cinco valores de costo básico, si se encontraba dentro del rango igual o mayor a cero y menor a treinta y tres, se tomaba la Opción A, si se encontraba dentro el rango igual o mayor a treinta y tres y menor o igual a sesenta y seis, se tomaba la Opción B, de lo contrario se tomaba la Opción C.

Para el análisis de la formula #1; la media Geométrica fue de \$1'620.217.042,24; los valores de costo básico que se encontraban por debajo o por encima de estos valores de limites serian descartados por la formula para no participar en la siguiente fase.

Figura 17. Evaluación Económica Fórmula 1 Opción A.

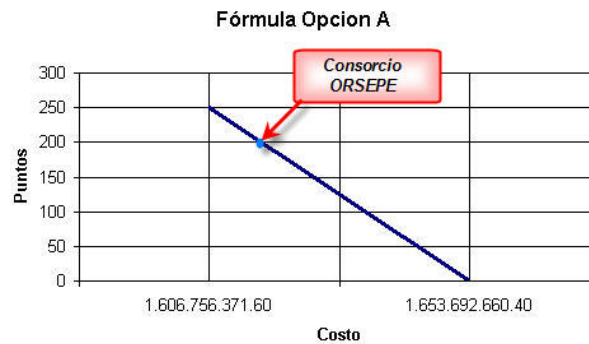


Figura 18. Evaluación Económica Fórmula 2 Opción B.

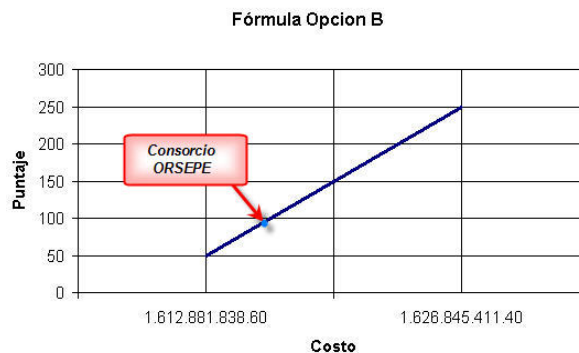
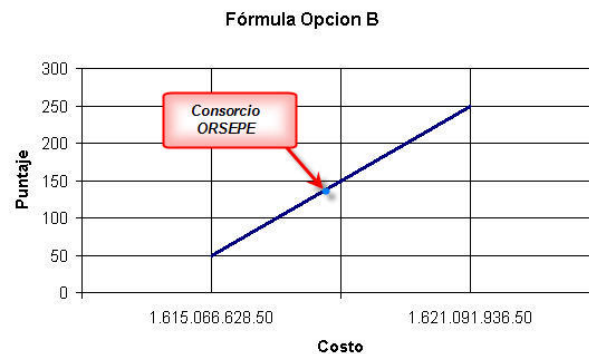


Figura 19. Evaluación Económica Formula 3 Opción B.



Para cada una de las opciones el Consorcio ORSEPE iba acumulando puntos con base en la posición donde se encontrara, en esta etapa del análisis solo se encontraban en participación 11 Consorcios de los 20 inicialmente inscritos, con estos participantes se saco nuevamente la media geométrica quedando mas cerca de ella el Consorcio ORSEPE, acumulando la mayor cantidad de puntos ganando con un valor de 679.95 puntos, quedando como ganador de la Licitación 026 en la Construcción del Edificio de Caracterización de Materiales de Construcción.

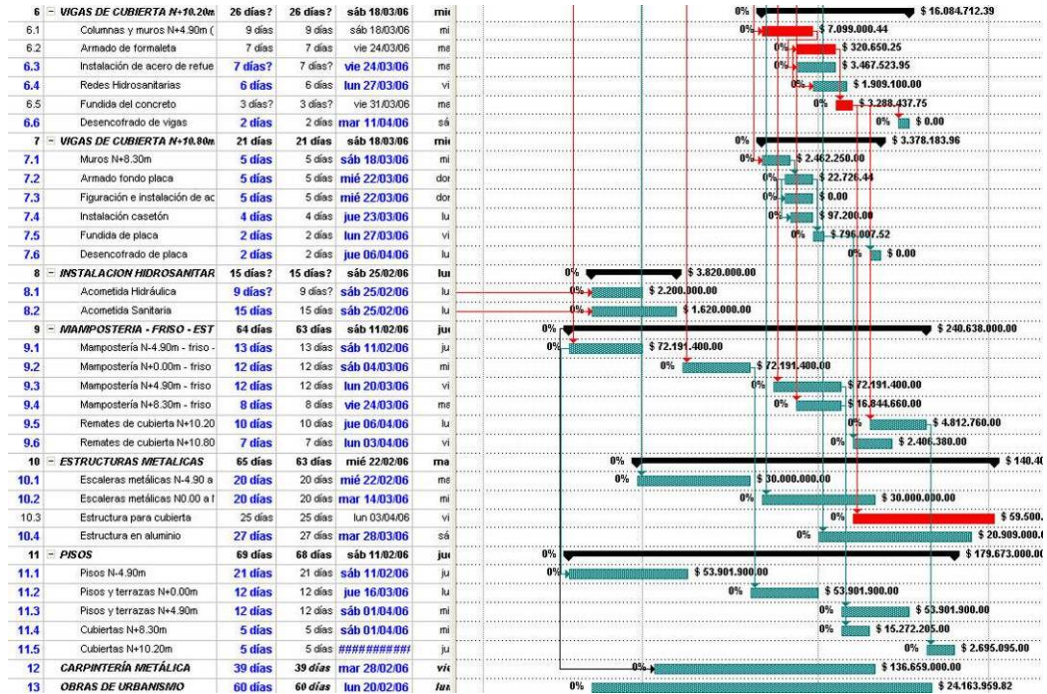
3.2 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE OBRA

Los procesos de edificación presupuestados al comienzo de la obra, en general fueron controlados de alguna forma por medio de la programación de obra, siendo esta, una de las herramientas utilizadas en nuestro campo ingenieril para corroborar los rendimientos de obra, así como las cantidades y los tiempos de las actividades en general; uno de los mas grandes apoyos de a programación lo brindaron los tiempos de fundidas de placas, ya que estas muestran que tan avanzado puede estar un proyecto, en la experiencia que sobresale para todos los componentes profesionales en la realización de un proyecto, la ubicación temporal de las fundidas de placa dan una base para pronosticar los tiempos probables de las actividades a seguir después de la fundida de estas.

Uno de los especiales conflictos al evaluar los procesos en obra, se produjo por no realizarse al detalle, es decir, en obra procesos que se llevaban a cabo en múltiples etapas temporales fueron reducidos a una o dos, no dando espacio para una revisión clara del porcentaje de obra completado, igualmente hubo procesos delimitados por niveles y en obra manejados prácticamente como un todo, se pueden destacar en este sub capítulo los ítems dedicados a Obras de urbanismo y Escaleras metálicas; en el primer caso, el capítulo contiene los trabajos de la construcción de las vías de acceso, los bordillos, los andenes, entre otros, los cuales para mas precisión y mejor control debieron ser mas específicos; en el segundo caso, el capítulo de Escaleras metálicas contiene el desarrollo de estas por niveles, la estructura de cerchas para cubierta y la estructura en aluminio del foso de las escaleras, según mi punto de vista, la actividad de construcción de la escalera metálica pudo haberse desmenuzado mucho mas, y creando un medio de control de ejecución de obra hacia el subcontratista, discriminando esta tarea en construcción de vigas, pasamanos, y pasos; ya que las vigas fueron soldadas por niveles, pero ni los pasamanos ni los pasos se realizaron de esta manera sino como un todo.

En obra se profundizó en los temas relevantes al entendimiento de cada actividad, sus precedencias y los estimativos de tiempos de duración; todo esto realizado en el asistente informático Ms Project 2003

Figura 20. Apartes de la programación de obra con el diagrama de Gantt.



En resumen se debe contemplar:

- ☞ Fragmentar tareas complejas.
- ☞ Contemplar detalles arquitectónicos y no fusionarlos en un solo capítulo.
- ☞ Actualizar semanalmente la programación

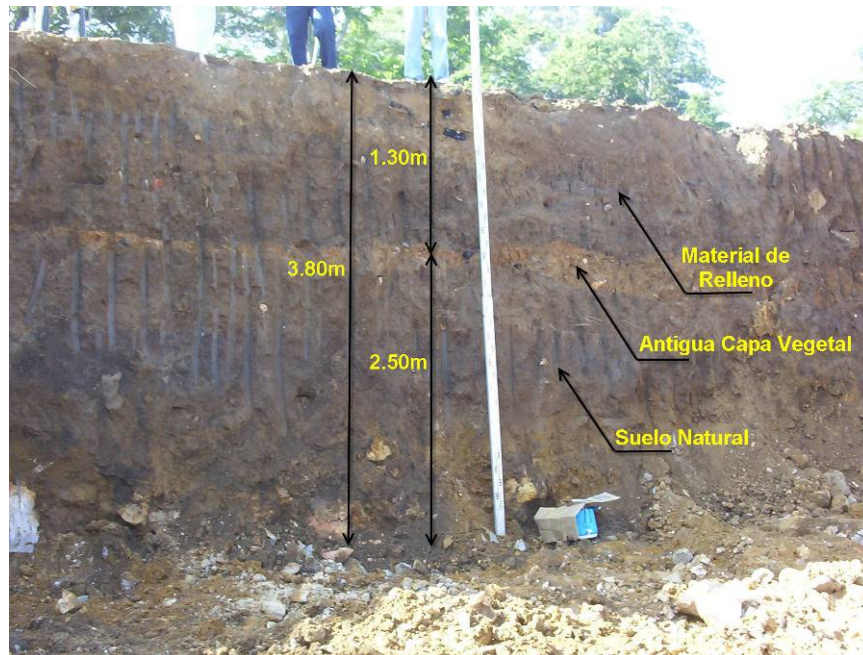
3.3 SUELOS, EXCAVACIONES Y OBRAS DE TIERRA

Una de las más grandes enseñanzas proporcionadas por la práctica empresarial, consiste en la evaluación, pruebas y ensayos hechos a los suelos, así como su impacto económico en la obra. Desde ahora se entiende que uno de los puntos neurálgicos en los procesos de licitación y posterior contratación en obras civiles es la cuantificación de las excavaciones, las cuales por el mismo estado semi-incógnito del suelo son generalmente las más

desacertadas, esto, notablemente observado ya que el volumen de excavación en la licitación fue de 800m^3 , al ejecutarse las obras sufrieron el inevitable incremento de alrededor de 500% para la excavación del sub sótano y las vías de acceso.

El estudio de los suelos en el lote, igualmente trajo consigo traumatismos a la hora de definir el suelo que soportaría la cimentación, ya que al llegar a la altura necesaria para levantar los cimientos del edificio, algunos sectores del sub sótano presentaban suelos arcillosos y el manto rocoso pronosticado por el estudio no se hacía visible; estudio de suelos realizado en el año de 1998 en el cual se plantea la construcción de un edificio de dos pisos *sin sótano*, no aclara la presencia de rellenos sobre el lote y plantea cuatro ensayos tipo SPT en los cuales la profundidad de cimentación solo pudo haber sido alcanzada si no existiese el manto de relleno.

Figura 21. Sitio cercano al sondeo S-4. (cimentación propuesta a -2.5m)



En la figura 24 podemos observar que desde la antigua capa vegetal hasta la profundidad de cimentación encontrada en obra es de 2.5m y comparado con el estudio de suelos, el cual advierte que muy cercano a este punto la profundidad de cimentación es de 2.5m; así es demostrable la afectación que pueden tener los rellenos después de un estudio de suelos y como afecta este, los recursos presupuestales.

La obra del Centro de Caracterización de Materiales de Construcción, implementó pruebas de resistencia de suelos conocido como “Standart Penetration Test” SPT, debido a la necesidad de obtener un suelo adecuado bajo el laboratorio de estructuras, al no lograr las especificaciones requeridas, se hizo necesario realizar un relleno bajo el laboratorio, el cual necesitaba ser de primera calidad, debido a que sobre él se pueden instalar o construir estructuras a escala real de tamaños y pesos desconocidos, igualmente sobre el se encuentra el muro de reacción del laboratorio; esta obra de tierra, especialmente dificultada por la temporada invernal hizo ineludible sesiones de compactación con cal.

Figura 22. Ensayo SPT, Compactación con cal y ensayo cono de arena.



Otras de las mas importantes obras de tierra en la edificación del laboratorio comprende el control y la estabilización de taludes en la obra, taludes de 4 a 5 metros de altura, en obras que estuvieron prácticamente a lo largo de la obra, la primera estabilización de taludes encontrada en la obra, fue la necesaria antes de construir el muro de contención de tierras en concreto reforzado, este talud, fue afectado por las constantes lluvias del mes de enero e igualmente afectado por la consistencia de la capa de relleno en los mantos superiores al talud.

Figura 23. (izq) Geomembranas y zanja, (der) talud desestabilizado.



Fuente: Fotografías por Diego Raúl Calderón B.

El talud se trató de estabilizar con geomembranas y una zanja de coronación pero la rápida y fácil infiltración de agua por entre el suelo de relleno (nunca compactado) permitió la desestabilización de este ...véase figura 23...

Una estabilización mas exitosa se logró en el talud conformado entre las vías de acceso a los laboratorios, una eficaz acción de los mecanismos de estabilización empleados han garantizado hasta hoy la estabilidad de este, se utilizaron técnicas de manejo de la erosión como largueros de guadua y la empradización. También se construyó una estructura de contención compuesta por un muro de ladrillo temosa confinado.

Figura 24. Estabilización de talud con empradización, largueros de guadua y muro.



Fuente: Fotografía por OSP Ingeniería.

3.4 ENSEÑANZAS TÉCNICAS Y CONSTRUCCIÓN DE FUNDACIONES

Teniendo una importante referencia con el primer tema del sub capítulo anterior, la cimentación del edificio requirió algunas técnicas de fundaciones destacándose el pilotaje con concreto ciclópeo bajo las zapatas, en sectores noroccidentales del sótano debido a la pendiente que presenta la terraza de Bucaramanga al llegar al extremo de la meseta, ciclópeo también necesario en la cimentación de las columnas bajo el acceso principal al edificio, este requerido por la profundidad de la terraza de Bucaramanga.

Figura 25. Producción de concreto ciclópeo bajo el acceso principal.



En las figuras anteriores podemos observar el proceso de fabricación de concreto ciclópeo, iniciando con el lavado de las rocas, el cuarteado de las rocas para hacerlas angulosas, por último la adición de estas en el concreto de 2500psi.

En la cimentación del muro de contención se pudo observar el uso de plásticos para evitar que el concreto de este importante elemento, se contamine con el agua inherente al suelo, además para evitar posibles escapes de agua de la mezcla hacia el suelo desmejorando así la resistencia del concreto de esta cimentación ...véase figura 26...

Figura 26. Cimentación para muro de contención de tierras.



Fuente: Fotografías por Diego Raúl Calderón B.

Igualmente en obra se pudo observar las zapatas aisladas céntricas, analizar su ubicación y dimensiones, al igual que las relaciones dimensionales de unas con otras.

3.5 MUROS DE MAMPOSTERÍA, ESTRUCTURALES Y DE CONTENCIÓN

Comprendido como uno de los componentes de mayor aporte durante mi práctica empresarial, ya que en este residen temas estructurales tanto de muros pantalla, como muros de mampostería confinada y el ya estudiado hasta cierto punto muro de contención. Se reconoce el conocimiento adquirido en el análisis de la ubicación de los muros pantalla, ya que estos deben garantizar rigidez en un solo sentido, haciéndose necesaria la ubicación de otros elementos de este tipo en sentido perpendicular a este al

primero, además de garantizar rigidez en ambos sentidos principales a la estructura, los muros pantalla ubicados en el Centro de Caracterización de Materiales de Construcción evitan que el edificio sufra movimientos rotacionales entre sus placas; cabe resaltar que la ubicación de los muros es mas eficiente si se realiza a los extremos de la estructura.

Figura 27. Ubicación de los muros pantalla.



Fuente: Renderizado por Diego Raúl Calderón B.

En el armado de los aceros verticales de los muros pantalla, en especial los muros 6G y 6H, pude analizar las necesidades de complementar los diseños de los elementos en concreto reforzado con la construcción de ellos, debido a que estos aceros son de longitudes de 12m significando un arduo trabajo para las cuadrillas poder armarlo y evitar que este acero de $\frac{1}{2}$ " de diámetro no se doblara en, además requiriendo mucho mas personal y equipos como andamios.

Según lo extractado de la Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98, en su capítulo E, el edificio en cuestión, presenta mampostería confinada no estructural; la decisión del uso de este tipo de configuración para la mampostería, se hizo necesaria por las grandes alturas libres que se presentan entre niveles, medida hecha

efectiva por la interventoría tratando de mitigar el riesgo de colapso de los elementos de mampostería en eventos sísmicos. Para dicho confinamiento se utilizaron columnas de confinamiento, mas llamadas columnetas, las cuales fueron ubicadas en los extremos de cada muro, así como en las intersecciones de unos con otros, y en lugares intermedios en los muros una columneta cada cuatro metros, tal como se expone en la NSR-98; y elementos de confinamiento horizontal llamados viguetas, ubicadas a 2.5m desde el piso del nivel, haciéndolas coincidir con el sitio de ubicación de los dinteles para puertas. En obra se siguieron los procesos de anclaje de estos elementos con la estructura sismo resistente, así como la conformación de este tipo de muros.

Figura 28. Muros confinados no estructurales.



Fuente: Fotografías por Diego R Calderón B.

3.6 ENSAYOS, PRUEBAS Y RESISTENCIA DE MATERIALES

La calidad y el cumplimiento a las especificaciones técnicas exigidas por la UIS, hizo necesaria la implementación de medidas que las garantizaran y fueran estudiadas por la interventoría para su aprobación o su reparo. La presente práctica empresarial incentivó y ahondó en ensayos como la compresión simple del concreto, proceso necesario una vez fundida la placa, para comprobar las resistencias exigidas; igualmente se realizaron

pruebas no destructivas con el uso del esclerómetro con el ánimo de proyectar la resistencia del concreto para predecir la resistencia a alcanzar.

En la fundida de la primera placa, se realizaron 12 probetas para concreto de 4000psi, tres para cada camión, escogido al azar por la interventoría, a tiempos desiguales. Igualmente, se hicieron necesarios los ensayos encaminados a garantizar la calidad de la soldadura para los anclajes en el muro de reacción. Estos ensayos y las lecturas obtenidas de ellos, así como el proceso de traslado de los equipos de los laboratorios de pesados al nuevo edificio recalcaron el conocimiento en esta área.

Figura 29. Fabricación y curado de probetas para ensayo de compresión simple.



Fuente: Fotografías por Diego R Calderón B.

3.7 COLUMNAS, PLACAS Y ELEMENTOS EN HORMIGÓN ARMADO

La presente área del conocimiento de Ingeniería Civil, probablemente es la mas reconocida de la escuela en la UIS, la teoría aprendida en las materias de diseño de hormigón armado 1 y diseño de hormigón armado 2 complementaron las experiencias vividas muy por encima de mis expectativas, generando un ambiente de confianza y credibilidad frente a los trabajos de armado del acero; las teorías de esfuerzos cortantes y momentos flectores, aprendidas en las primeras etapas del conocimiento estructural obtenido de la academia en las materias de estática y teoría de estructuras 1, suministraron bases teóricas aplicables y presentan una irremplazable fuente de conocimiento. Igualmente los procesos vividos en obra, me permitieron conocer aquellas deficiencias pasadas por alto en las asignaturas, detalles de diseño no contemplados para el constructor en torno a la figuración de las barras de acero y los recubrimientos de estas

con concreto o la selección de varillas de acero de 12m para columnas y que presentan problemas de construcción, a continuación presento un aparte de los conocimientos adquiridos en esta práctica empresarial con respecto a este tema.

El figurado del acero longitudinal para columnas en el primer nivel, al comienzo de la obra, generó ciertos inconvenientes, debido a las barras de 12 metros de altura, ya que algunas de estas se doblaron, es considerable al hacer el diseño y posterior despiece de aceros para columnas, procurar utilizar barras de 9m en lugar de 12, así se genere mas cantidad de acero ya que la reducción de la cantidad de acero en los diseños no generalmente reduce los costos totales del proyecto, por el contrario en este caso los aumentó, debido a la necesidad de utilizar mas personal para el armado de estos elementos.

En la teoría, se exige garantizar los recubrimientos del acero y el ancho mínimo de separación entre barras, en algunas ocasiones esta garantía condiciona los diseños de los elementos; en obra, estos recubrimientos y separaciones son por poco imposibles de garantizar, en la construcción la utilización de panelas o panelitas, para proveer el recubrimiento de los aceros provee al constructor de un buen sistema, pero en donde las vigas o columnas presentan ganchos es muy difícil garantizar estos recubrimientos o sobre todo en la zona de confinamiento de columnas y vigas especialmente, también es muy difícil garantizar la separación mínima entre barras de acero. Por esto la práctica empresarial me ha proveído de herramientas experimentales útiles para el diseño de estructuras en hormigón armado.

Figura 30. Recubrimiento mínimo en barras de acero de viguetas.



Fuente: Fotografía por Diego R Calderón B.

En obra se controlaron en conjunto con la interventoría, las siguientes características de los elementos:

Tabla 1. Elementos estructurales verificados en conjunto y para la interventoría.

Elemento	Característica
Vigas y Columnas	❖ Separación entre estribos de confinamiento y zona de no confinamiento.
	❖ Extensión y ubicación de las barras longitudinales.
	❖ Recubrimientos con panelitas en columnas y recubrimientos de vigas.
	❖ Amarre, ubicación y verificación de la longitud de traslapos.
	❖ Identificación de posibles fallas en el diseño a momento y correcciones.
	❖ Longitud del gancho según los diseños.
	❖ Amarre, ubicación y verificación de la longitud de traslapos.
Viguetas	❖ Extensión y ubicación de las barras longitudinales.
	❖ Separación entre estribos.
Placa	❖ Instalación de refuerzo por temperatura y su debido traslapo.
	❖ Calidad y estado del casetón.
	❖ Separación entre casetones (ancho de viguetas).
Ménsulas	❖ Separación y recubrimiento de barras.
	❖ Soldadura entre las barras.

3.8 REDES INTERNAS E INSTALACIONES HIDROSANITARIAS

El Centro de Caracterización de Materiales de Construcción, como centro de los laboratorios de Ingeniería Civil, debe presentar un ambiente de aprendizaje integral, es por esto que se decidió desde los comienzos de su diseño que todas las redes estuviesen a la vista, con el ánimo de que el posible estudiante pueda observar lo estudiado en sus clases, así como recorrer estas redes desde los distintos aparatos ya sean sanitarios, eléctricos o a gas. El uso de este tipo de instalaciones y redes, complementó mis estudios en instalaciones hidráulicas, al igual que contribuyó los conocimientos en:

- ☞ Tipos de tuberías, y redes (hidráulicas, sanitarias, ventilación, aire acondicionado, eléctricas, comunicaciones).
- ☞ Tipos, ubicación e instalación de accesorios.
- ☞ Ubicación de redes y utilización de buitrones.
- ☞ Diámetros y tipos de tuberías para cada una de las redes.
- ☞ Redes abiertas para evacuación de aguas servidas y aguas lluvias.

Inicialmente se construyeron las cajas sanitarias en frente a la fachada del edificio, con conexión a la red de alcantarillado sanitario interno de la UIS, con la idea de instalar los aparatos sanitarios del campamento de obra, posteriormente se propusieron cambios en los diámetros de las redes sanitarias del sótano, al igual se construyeron las cajas de inspección necesarias y diseñadas para tal caso.

Figura 31. Cajas de inspección en la fachada y en sótano, en proceso.



Fuente: Fotografías por Diego R Calderón B.

Seguido a la instalación de las tuberías hidrosanitarias, la ubicación de ellas por los estudiantes se mejoró al ser pintadas con el color de identificación según las normas.

Figura 32. Redes hidrosanitarias internas bajo placa (baño mujeres)



Fuente: Fotografías por Diego R Calderón B.

3.9 PROCESOS DE ADMINISTRACIÓN EN OBRA

Una de las labores más necesarias para el éxito de todo proyecto está enfocada a la administración y a los procesos de sociabilidad de todos los trabajadores del proyecto, las pinceladas de teoría ofrecida por la universidad son desenvueltas una vez se comienzan a desarrollar tareas inherentes a la práctica empresarial, comenzando por la designación por parte de los contratistas del personal encargado de desarrollar los procesos constructivos, personas como el residente de obra, el maestro de obra, los subcontratistas necesarios y el secretariado de obra; las cuales deben trabajar en grupo para poder lograr los avances necesarios en obra y cumplir con la misión encomendada y contratada por la UIS.

Entre los trabajos mas importantes desarrollados por la administración de obra es el control que esta pueda darle a los procesos, para esto se estableció un comité semanal celebrado en las instalaciones de la obra, en el cual se convocaron al director del proyecto (Director de Contratación y Proyectos de Inversión de la UIS), a las firmas constructoras con sus respectivos representantes y residentes de obra; con el fin de comentar las actividades en obra, sus dificultades, sus avances, los cambios necesarios al proyecto y fomentar la comunicación entre los diversos contratistas; generando con esto un ambiente renovador de las actividades y sobre todo controlador de los procesos.

La práctica empresarial desarrollada en el edificio insignia de la escuela de Ingeniería Civil, desarrollo en mi los conocimientos sobre el conducto regular en construcciones civiles, así como me instruyó en la importancia de la moral de los trabajadores y las consecuencias de promover una motivación a los trabajos de obra en días especiales por ejemplo, los asados

para todo el personal de obra los días de fundidas de las placas. Las consecuencias de esto se pudieron observar en un mejoramiento en los tiempos en las actividades, un mejor trato a las herramientas menores, un menor desperdicio de los materiales de construcción y en general un mejor rendimiento económico, material y en calidad para la obra.

3.10 ESTRUCTURAS METÁLICAS PARA CUBIERTA Y ESCALERA

En la presente vivencia de práctica empresarial, se experimentó, complementó y analizó en temas concernientes a estructuras metálicas como lo son:

- ☞ Tipos de secciones, nomenclatura y diseño de los elementos.
- ☞ Tipos de soldadura y verificación de esta.
- ☞ Anclajes apernados y unión con elementos de concreto.
- ☞ Identificación de elementos a tensión y compresión.

La primera actividad relacionada con estructuras metálicas, hecha en la obra, tuvo que ver con el corte y soldado de los elementos de las cerchas para la cubierta del laboratorio de estructuras, en este proceso, no se tuvo en cuenta la longitud de los ángulos de acero, por lo cual la interventoría exigió la soldadura de platinas en traslapo en los sitios de unión a tope de los ángulos ya fueran elementos que estuvieran a compresión o a tensión, igualmente se revisaron todas las soldaduras y los sitios donde el diseñador exigía estas.

Figura 33. Cerchas metálicas para cubierta del laboratorio de estructuras.

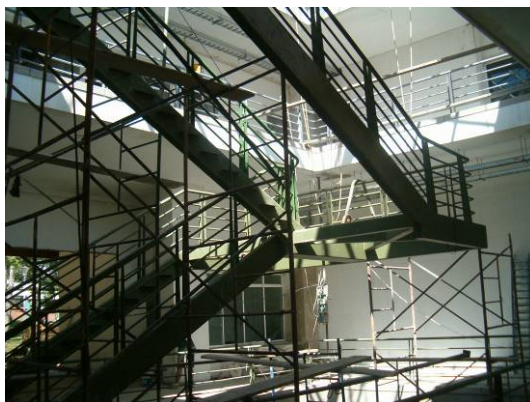


Fuente: Fotografías por Diego R Calderón B.

En conjunto con el proceso anterior, fueron revisadas las correas metálicas, en lo concerniente al tipo, calidad y ubicación de la soldadura, y la ubicación de los elementos de esta, de acuerdo a lo diseñado.

Igualmente la construcción de la escalera metálica autoportante, reflejó en mí, conocimientos sobre los anclajes y platinas usadas para fijar la estructura metálica al concreto, elementos estructurales no estudiados en las asignaturas de la academia. Aunque no me hayan manifestado un conocimiento explícito sobre el diseño de estos elementos, es conocido que la experiencia constructiva también es parte de la experiencia para un diseñador; a la par de este aprendizaje, también se profundizó en el conocimiento de los tipos y la nomenclatura para la soldadura de los elementos de la escalera metálica.

Figura 34. Instalación y funcionamiento de anclaje y platina para escalera.



Fuente: Fotografías por Diego R Calderón B.

3.11 USO Y CONTROL DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

La calidad y el buen uso de los materiales de construcción en la obra, determinaron la condición final de esta, el cumplimiento de especificaciones tales como el concreto a la vista para la mayoría de los elementos de estructura vertical como columnas y muros pantalla, calidad en el material y la instalación de la mampostería a la vista, frisos y estuco, entre otros, llevaron al constructor a tomar decisiones en obra tales como realizar los concretos en obra, con diseño de mezcla realizado por la escuela de Ingeniería Civil de la UIS.

Los materiales que en obra sufrieron mas impacto fueron la mampostería a la vista al igual que el acero de refuerzo; ladrillo hollman a la vista mas por cuestiones de tiempo sufrió algunas imprecisiones tales como la instalación de ladrillos defectuosos y hongos sobre el material.

Figura 35. Muro en ladrillo tipo hollman a la vista primeros de los 1650m² en total.



Fuente: Fotografías por Diego R Calderón B.

Otros de los materiales destacados en obra, fueron indudablemente el acero estructural de refuerzo para elementos de hormigón, el uso de aditivos acelerantes de la placa del nivel +0.00m así como el aditivo impermeabilizante (Sika Plastocrete) para concreto del muro de contención de tierras.

4 LECCIONES NO CONTEMPLADAS EN LA ACADEMIA CON CARACTER DE CONTRIBUCIÓN PROFESIONAL

El aparte que como autor presento en las siguientes páginas, resalta los conocimientos apoderados de la práctica empresarial propuesta para mi desempeño como proyecto de grado, resumen de una multitud de enseñanzas casi nunca contempladas en la academia y que sin lugar a dudas complementan el ser social y el ámbito profesional.

4.1 MEDIDAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Más que una medida encaminada a ser aprendida por cada trabajador del sector de la construcción, la seguridad industrial es una acción de prevención por naturaleza del ser humano; la protección contra cualquier calamidad laboral en obra es hoy por hoy una de las banderas de los proyectos y por lo tanto un buen indicador de la calidad de los constructores. La consecución de una seguridad integral en construcción evita traumatismos entre los demás trabajadores de obra al ver a uno de sus compañeros involucrados en un accidente, para de esta forma mantener los niveles de rendimiento en sus límites normales. Para promover estas eficiencias en los procesos de obra efectuados en nuestro campus universitario, la UIS logró implementar exitosamente por medio de fuertes exigencias a los contratistas por medio de las interventorías, unas charlas de seguridad en obra dictadas por un profesional con cierta idoneidad en el tema.

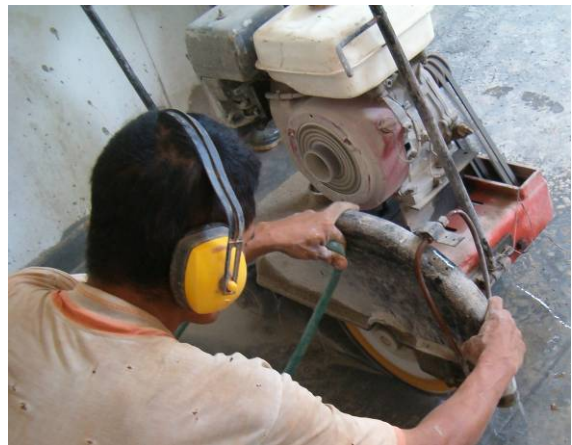
Figura 36. Uso generalizado del casco protector en actividades de obra.



Fuente: Fotografía por Diego R Calderón B.

En particular, estas charlas contenían temas relacionados con el aseo general de las instalaciones, la recolección de herramienta menor por parte del personal trabajador, uso de los elementos de dotación (botas, casco, guantes, camisa manga larga), así como también el uso de artículos especiales para algunas tareas, tales como gafas protectoras, tapabocas, guantes, tapa oídos, protección para rayos de soldadura y arneses.

Figura 37. Uso de elementos de seguridad industrial para actividades especiales.



Fuente: Fotografías por Diego R Calderón B.

4.2 IDENTIFICACIÓN Y USO DE ADITIVOS

En obra se presentaron entre otros los siguientes productos aditivos:

Figura 38. Aditivo para adherir concreto fresco a endurecido.



Figura 39. Producto fijador de anclajes de acero en concretos.



Fuente: Fotografías por Diego R Calderón B.

La masificación y comercialización de componentes químicos coadyuvantes en todos los procesos constructivos, dan lugar a que su uso, estudio, comercialización y viabilidad sean un punto clave a tratar en obra, en mi contexto y mi forma de ver, estos productos no deben ser temario de exclusividad de los congresos de estudiantes de Ingeniería Civil sino también de la academia sin favorecer el mérito de algunas compañías productoras, es el caso de los aditivos usados para pavimentos, los cuales son ampliamente estudiados.

4.3 PROCESOS DE CUANTIFICACION DE CANTIDADES DE OBRA

Desafortunadamente los métodos de cuantificación de cantidades de obra no son estudiados a fondo en la institución académica, siendo solo esbozados por algunas asignaturas tales como Construcción 2 y Diseño de Puentes, estos procesos arduos pero definitivos en la viabilidad y el control de la obra, se vieron reforzados casi de forma empírica en la presente práctica empresarial por el servidor autor de este libro; aunque esta actividad no requiere unos conocimientos avanzados en la Ingeniería Civil, si representa una herramienta fundamental en cuanto a determinación y control de costos, variable sumamente crítica en los procesos de contratación, programación de obra y de interventoría; ya que el avance de las obras puede verse claramente si tenemos cuantificadas las cantidades reales construidas y a edificar. El tema de este subcapítulo presenta y cimienta las bases de la formulación de mi aporte a la presente práctica empresarial.

5 EXPLICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL MURO DE REACCIÓN

El muro de reacción del laboratorio de estructuras, es uno de los elementos que mas destacan importancia y que considera la categoría de la construcción del Centro de Caracterización de Materiales de la escuela de Ingeniería Civil.

Considero, que lo aprendido durante la construcción del muro de reacción clasifica como una contribución al aprendizaje académico de pregrado y también como una lección no contemplada en la academia y de carácter de contribución profesional. Seguidamente haré una breve explicación de las funciones, usos y la construcción de este monumento.

5.1 USO Y GENERALIDADES

El diseño estructural, demanda realizar ensayos cada vez mas sofisticados los cuales arrojen resultados que permitan entender aun mas el comportamiento estructural, tanto pseudo dinámico como estático, por esto, se encargó la construcción del considerado como la estructura mas importante del laboratorio, conformado por un muro de 7.13m de altura, 5m de ancho, 0.45m de espesor, reforzado con dos apoyos en su parte posterior conocidos como contrafuertes, de la misma altura del muro y 0.30m de ancho; su capacidad a flexión y a cortante en la base fueron diseñadas para resistir los embates producidos el sistema de aplicación de cargas pseudos dinámicas, la estructura de soporte o losa de carga, tiene 10.95m a lo largo, 5m a lo ancho y un espesor de placa de 0.75m con una serie de vigas ubicadas en sentido ortogonal al muro y paralelo a él también de 0.60m de base por 0.75m de altura, sobre estas ubicadas y ancladas se encuentran una matriz de platinas dispuestas para anclar la estructura a ensayar. El muro, fue diseñado y es considerado como un sistema unidireccional, ya que las cargas solo pueden actuar ortogonalmente al muro.

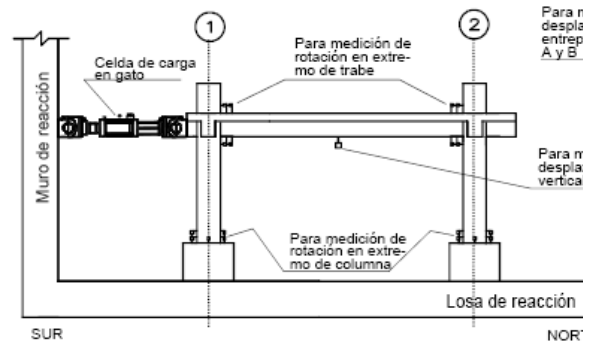
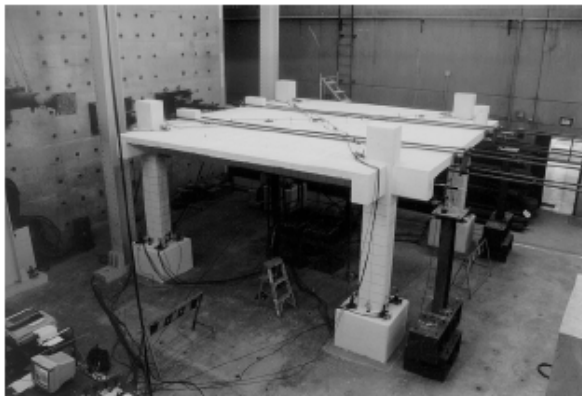
La estructura, es útil, para analizar efectos pseudo dinámicos o estáticos para viviendas de hasta dos niveles en escala real, pero se pueden realizar ensayos a edificaciones mas altas con los debidos ajustes de escala, igualmente, se pueden realizar ensayos simuladores de vigas en voladizo. El muro de reacción al contrario de muchos alrededor del mundo, no posee un túnel bajo la losa para ajustes de los pernos y la utilización del anclaje para los elementos desde la superficie, podría desafiar algunos proyectos ya que se hará necesario la construcción de platinas o elementos de ajuste desde los pernos hasta el elemento a ensayar. En ningún momento, fue necesario analizar el suelo como variable de diseño para esfuerzos producidos en los ensayos, ya que el muro al comportarse en conjunto con

la losa monolíticamente, y ser considerado como infinitamente rígido, no traduce esfuerzos del actuador al suelo, los únicos tenidos en cuenta son los relevantes a sostener las cargas por peso de los elementos a ensayar.

El muro de reacción y la losa de carga son elementos novedosos y contemporáneos a nuestra época en la ingeniería Colombiana, que indudablemente se ponen a la vanguardia como los existentes en la Universidad de San Diego, y que, sin llegar a las dimensiones del existente en Ispra (Italia) en el ELSA (European Laboratory for Structural Assessment), permite realizar ensayos que hasta nuestros días, no habían sido posibles en nuestro país.

Propuestas como en la conferencia “Comportamiento de Estructuras de Concreto Reforzado Con Elementos Precolados en el Sistema Piso” dirigida por el Dr. Oscar López Batíz en el Laboratorio de Estructuras Grandes en el CENAPRED en México.

Figura 40. Ensayo estructura concreto reforzado Muro de Reacción LEG-CENAPRED México.



Fuente: Memorias IX Congreso de Prefabricación; Pachuca, México.

5.2 SEGUIMIENTO FOTOGRAFICO A LA CONSTRUCCIÓN

Las labores de construcción precedidas de la compactación del suelo del laboratorio de estructuras y la instalación de las tejas thermoacoustic sobre la cubierta del mismo, iniciaron con la figuración de todo el acero necesario y exigido por el ingeniero calculista, alrededor de 9.6 Toneladas de acero fueron figuradas y almacenadas en las instalaciones del laboratorio, mientras se finiquitaban los procesos de reubicación de las redes

hidrosanitarias y eléctricas ya que estas coincidían espacialmente con la losa de carga del sistema. Las fotografías mostradas en este subcapítulo fueron tomadas por el autor.

Figura 41. Almacenamiento de acero y compactación red eléctrica e hidrosanitaria.



Para las labores de ubicación en planta de la losa de carga, fue encargado un contra maestro y dos ayudantes, posteriormente en las demás actividades constructivas de esta tarea, se fueron sumando mas ayudantes a la labor; la excavación, en la cual hubo la necesidad de dejar ciertos dados de suelo compactado como aligerante entre las vigas; toda el área excavada fue recubierta con solado en concreto de 1500 psi con malla de hoja lata para garantizar la geometría y la no contaminación de los materiales en las vigas.

Figura 42. Ubicación y fundida de solado para la losa de carga.





Culminada la tarea, los trabajos encaminados a la instalación de acero figurado comenzarían con el cepillado de las varillas para eliminar cualquier tipo de corrosión o suciedades. Una por una cepilladas fueron puestas en su lugar, comenzando con las vigas en sentido norte – sur, al mismo tiempo se fueron empezando a fabricar las panelas para garantizar el recubrimiento

Figura 43. Instalación de hierro previamente figurado para vigas norte –sur.



Según el ingeniero calculista del muro de reacción, la disposición de los aceros en la estructura de carga debía estar configurada, para que los aceros de las vigas norte – sur estuvieran sobre los aceros de las vigas este – oeste ya que estas tienen mas acero longitudinal; se tuvo que desmontar todas las vigas armadas en dirección norte – sur, desarmando las varillas superiores solamente, seguidamente se armaron las vigas en sentido este –oeste como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 44. Armado del acero para vigas este – oeste y norte – sur.



En este punto la construcción del muro de reacción como tal, comprometía a un contraamaestre y cerca de 5 ayudantes encargados de armar los elementos de acero de las vigas; una vez terminado el armado de las vigas, se procedió a armar el acero de la fibra inferior de la placa e igualmente a instalar las varillas de anclaje del muro de reacción con la losa de carga.

Figura 45. Acero para fibra inferior de la losa y anclajes del muro.



Mientras eran fabricadas todas las platinas de la losa de carga, la obra continuó con el armado del acero del muro, ubicando e instalando las varillas verticales y horizontales con su debido traslape. Se debe tener en cuenta que este proceso es mucho mas difícil, ya que el solo hecho de subir una varilla y armarla a estas alturas requiere de un buen

personal, trabajo en altura y uso de varios andamios, igualmente se recalcó sobre la verticalidad de las varillas del muro.

Figura 46. Instalación de malla para fibra superior de la losa y armado del muro.



Terminada la instalación horizontal del acero figurado para efectos horizontales de flexión y efectos de cortante con separación de 0.12m, continuó la instalación del acero para contrafuertes, trabajo que igualmente presentó algunas complicaciones debido a la altura, al mismo tiempo también fueron amarrados con alambre negro el refuerzo bajo las platinas de la losa de carga.

Figura 47. Instalación de acero bajo platinas y armado de contrafuertes.





El siguiente paso lo constituyó el figurado y soldado de las platinas para la losa de carga, igualmente se realizaron los ensayos necesarios a tracción para los anclajes en acero, ensayos realizados en las instalaciones del laboratorio de resistencia de materiales de la escuela de Ingeniería Civil de la UIS.

Figura 48. Soldado de platinas para losa y pruebas de tensión para pernos de anclaje.



La instalación de las platinas sobre el armazón de acero para la losa de carga generó uno de los grandes inconvenientes constructivos, debido a que los diseños estructurales no garantizaban que los refuerzos para la platina de la losa y el refuerzo soldado para los pernos de anclaje no coincidieran con el acero ya instalado de las vigas y la placa; ya en la práctica, fue indudable en muchos sitios que la localización de las platinas estaba truncada por este motivo, el inconveniente era de tan magnitud, que si se podía instalar la primera

platina milimétricamente y en el nivel requerido, debería ser soldada a los aceros de las vigas y las placas, además la barra de refuerzo para los pernos debería soldarse en el mismo sitio de la losa de carga, tratando de guiar la barra por dentro de la viga así se necesitara que no quedara totalmente vertical la barra; en la siguiente imagen se puede observar como la barra de refuerzo del perno izquierdo está ligeramente inclinada para evitar truncarse con el acero superior de la viga.

Figura 49. Instalación de platinas en losa de carga.



Una vez instaladas, soldadas, niveladas, alineadas y revisadas por la interventoría una a una todas las platinas, se taparon los huecos de los pernos con papel y se procedió a fundir la losa.

Figura 50. Trabajos de fundida en concreto 4000psi para losa de carga.





La fundida tomó alrededor de 10 horas de trabajo debido a su gran volumen y a que el concreto fue fabricado en obra por dos mezcladoras y transportado por 4-5 carretilleros, también estuvieron presentes un paleador, dos vibradores y el contra maestro.

Hasta este punto, en cuanto a tiempos de construcción la obra marchaba un poco bien; debido a la instalación de las platinas del muro, los traumatismos por esta variable se hicieron sentir. Las platinas del muro debían presentar precisión en alineamiento en las tres direcciones principales, a lo largo, ancho y alto del muro, igualmente debían estar perfectamente separadas una de la otra y lo mas importante, no debían moverse al momento de vaciar el concreto. Debido a la complejidad de la operación, se contrató un topógrafo, para verificar la correcta posición de las platinas, mientras estas eran soldadas a las barras de acero horizontal y vertical.

Figura 51. Instalación de platinas para muro de reacción.



El formateado y posterior fundida del muro generó grandes pérdidas de tiempo según lo planeado, según datos tomados por el autor del libro el día del formateado, cada lata de acero puesta desde el suelo hasta la colocación de la última chapeta, tomaba alrededor de 20 minutos, esto debido a la gran dificultad de pasar las corbatas entre una y otra formaleta y que esta corbata no chocara con una barra de acero, se debe tener en cuenta que las barras de acero no se podían mover de forma brusca ya que se dañaba el proceso de alineamiento hecho por el tipógrafo para las platinas. Según los cálculos hechos para las latas, la formateada terminaría entre las 2:30 y 3:00 de la madrugada del día 9 de Junio del 2006 hora en la cual los rendimientos decaen y el tiempo podría alargarse.

Figura 52. Formateado del muro de reacción.



Al siguiente día con la fundida del muro de reacción en concreto de 4000psi ó 280 Kg/cm² premezclado en planta, se acondicionó una ventana entre la formaletería para poder vaciar el concreto desde una altura no tan grande para evitar segregación de los agregados. Debido a la gran altura del muro, se necesitó sujetar la formaletería de manera que no fallaran por el peso del concreto fresco, sin embargo, el muro fue fundido a lo largo del día, evitando así que el concreto vaciado fuera fresco en todo momento.

Figura 53. Formaleteado y fundida del muro de reacción.



Luego de una exhaustiva limpieza y de la extracción de las corbatas el estado final es:

Figura 54. Estado final actual del muro de reacción y la losa de carga.



6 SEGUNDA PARTE: SIMULACIÓN EN 4D PARA LA INDUSTRIA A/E/C BAJO ARCGIS

6.1 VISION, OBJETIVOS Y ALCANCE DEL APORTE

Es bien sabido y quedó siempre expuesto a lo largo del desarrollo de esta magnífica práctica empresarial, que en los procesos constructivos, uno de los procesos mas importantes es la obtención de las cantidades de obra, ya que estas permiten conocer el proyecto de una forma integral, visualizar errores en los diseños, conformar las actas de recibo parcial de obra, entre muchas otras que se expondrán a seguir en los objetivos del aporte, sea cual sea, el uso dado a este delicado proceso, la obtención de estas cada vez que se requieran se convierte en una actividad monótona y desestimulante.

Con base en lo anterior y teniendo en cuenta que a todo lo largo de los procesos de construcción del Centro de Caracterización de Materiales de Construcción, desde los procesos precontractuales o licitativos, hasta el acta de finalización de obra, se necesitó obtener estas cantidades de obra una y otra vez; propongo un sistema de información con base en el seguimiento de las cantidades de obra para su debido control de ejecución o labores de construcción asociadas. Se propone este trabajo según lo experimentado y lo observado ya que estas labores retrasan las actividades a realizar por el Ingeniero residente de obra al igual que al inspector de obra y en especial debido a que repetir una y otra vez la obtención de dichas cantidades de obra genera una gran perdida de tiempo al realizar una y otra vez trabajos ya efectuados.

Entre los objetivos auto propuestos se consideran los siguientes:

- ☞ Desarrollar un método que permita consultar cantidades de obra y visualizar su ubicación sin incurrir en procesos repetitivos de cuantificación de estas.
- ☞ Permitir una exploración, consulta y un análisis de los elementos del proyecto (renderizado) así como de sus materiales constructivos en 3D.
- ☞ Proponer con este sistema un proceso eficaz de control de las cantidades de obra pagadas en cada acta de recibo parcial de obra.
- ☞ Proporcionar una información específica para el constructor, para la interventoría y la dirección de obra de los elementos que constituyen el edificio.
- ☞ Colaborar en los procesos de control de los tiempos de ejecución.

6.2 DESARROLLO Y MONTAJE DEL MODELO EN 3D

6.2.1 Procesos preliminares o previos

Para la conformación inicial del proyecto y para que este quede bien hecho desde el comienzo, se necesitó conformar los planos record de la obra o mas conocidos como planos “As-built”, es importante tener los espacios con las últimas modificaciones, así como cada elemento tal y como iba a ser construido, esto se realizó caminando y fotografiando todos y cada uno de los elementos de la obra desde su comienzo, como base para crear estos planos. Este proceso tuvo una duración aproximada de dos meses ya que los cambios realizados en obra fueron grandes y hubo la necesidad de esperar a que el edificio estuviera construido en gran parte con definiciones en sus partes estructurales y arquitectónicas. Este proceso me sirvió para una multitud de propósitos como lo fue, conocer la morfología de las áreas, ostentar dichas formas en un medio digital para conformar una base para los procesos a seguir.

La obtención por parte del autor de este libro de práctica empresarial de la mayoría de las cantidades de obra, también es un preparativo crucial, y fue desarrollado a lo largo de la obra con las contribuciones a las cantidades de obra para las actas de recibo parcial de esta y las evaluaciones precontractuales; este proceso, al igual que el anterior me hizo entender casi en su totalidad, las características y detalles del proyecto.

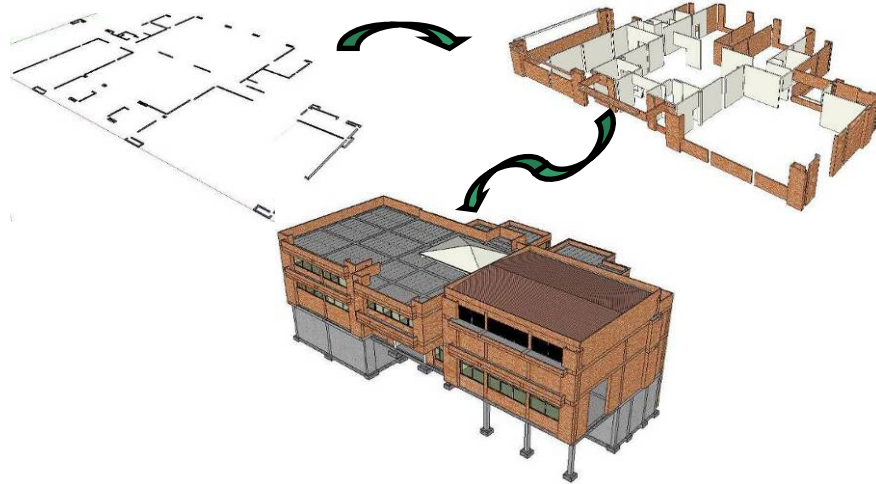
6.2.2 Delineado de los elementos en 3D

Una vez son conseguidas las bases del montaje, se procede al desarrollo del modelo en tres dimensiones; cabe resaltar en este aparte, que la escogencia de un modelo en tres dimensiones obedece a la facilidad de ubicación de los elementos en altura relacionado con la naturalidad visual del ser humano, para de esta forma facilitar el entendimiento de los elementos modelados en su espacio; igualmente el modelo en tres dimensiones fue generado a partir de la necesidad de contribuirle a la Universidad Industrial de Santander de imágenes y videos renderizados para el día de inauguración de este edificio insignia, imágenes posteriormente utilizadas también en el publireportaje dedicado al Centro de Caracterización de Materiales de Construcción en el ejemplar del día 11 de junio del 2006 del rotativo Vanguardia Liberal, en la ciudad de Bucaramanga.

El proceso de montaje del modelo en tres dimensiones se llevó a cabo mediante el uso del software conocido como SketchUp 5 fabricado por @Last Software, permitiéndome importar gran cantidad de plantas estructurales y arquitectónicas para su extrusión a elementos en tres dimensiones, como se puede observar en la siguiente figura, algunos elementos de mampostería no se consideran en los diseños arquitectónicos debido a que

sobre los antepechos residen los ventanales ...véase figura 55... debido a esto una gran cantidad de elementos como la perfilaría, las zapatas, las cubiertas entre otras mas, fueron creadas y no extruidas en este programa, hasta completar todo el modelo.

Figura 55. Breve muestra de Modelación del edificio en 3D.



Fuente: Renderizado por Diego Raúl Calderón B.

Para facilitar los siguientes procesos encaminados al establecimiento del sistema de información, el modelado se realizó bajo el uso de capas, componentes y objetos, obteniéndose un total de:

- ☞ 37 Capas
- ☞ 152 Componentes
- ☞ 702 Grupos

Los volúmenes son generados en escala o tamaño real, y el modelo completo sirve primordialmente para exportar dichos volúmenes a ArcGIS (ArcScene) para su procesamiento, sin embargo, este proceso también colabora en mi práctica profesional en el momento en que por necesidades del proyecto sea conveniente soportar visualizaciones en tres dimensiones, igualmente y vinculado con lo anterior, con esta modelación es posible visualizar cualquier tipo de corte transversal en el edificio.

El proceso finalizó con la conformación de la topografía final en la obra basadas en las curvas de nivel extraídas de los planos de plantas arquitectónicas y el retoque de detalles exteriores e interiores.

Figura 56. Renderizado final del Centro de Caracterización de Materiales de Construcción.



Fuente: Renderizado por Diego Raúl Calderón B.

6.3 MONTAJE DEL SIMULADOR 4D.

Según la Universidad de Stanford, un modelo 4D es un modelo CAD tridimensional cuyos elementos constituyentes se vinculan con una programación de obra; mi propósito de aporte, mejora esta cualidad, añadiendo cantidades de obra en un SIG, a continuación se describen los procesos necesarios para establecer el modelo

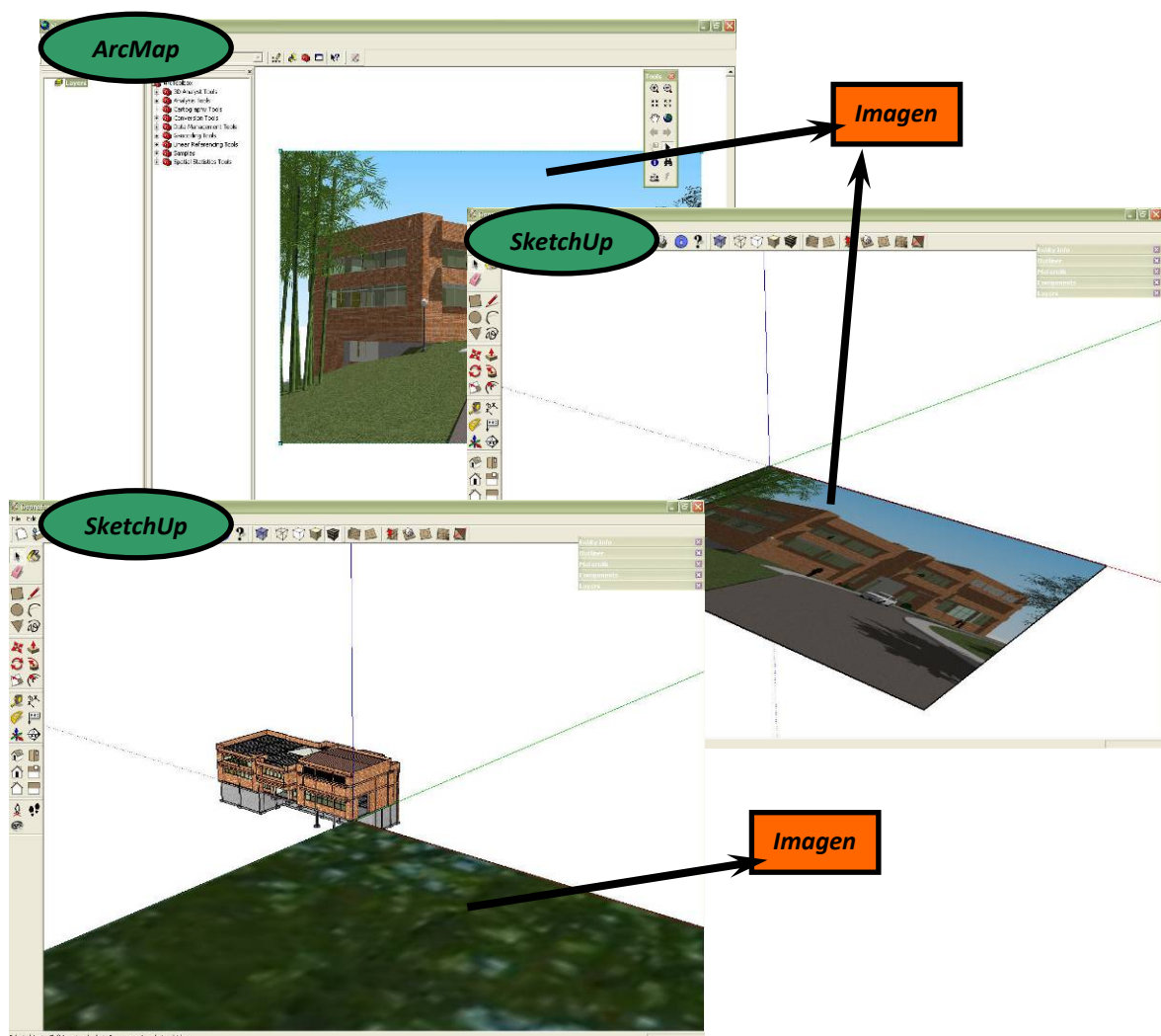
6.3.1 Conformación del modelo gráfico

La instalación del modelo gráfico en ArcGIS, requirió de la etapa previa conocida como la georeferenciación o referencia espacial de ArcGIS del modelo para lo cual se realizaron los siguientes pasos:

- ☞ Introducción de una imagen en ArcMap y exportación de este hacia SketchUp.
- ☞ Copia del modelo realizado en SketchUp al dibujo recientemente creado.

Estos dos simples pasos, ubican el modelo del edificio en un sistema coordenado el cual ArcGIS puede entender; una vez es copiado todo el modelo al archivo que se generó por medio de ArcMap, el objeto creado por este programa puede ser borrado (el objeto de ejemplo utilizado fue la fotografía renderizada ...véase figura 57...). Al final de la operación pareciera que el archivo quedó en las mismas condiciones, pero realmente la georeferenciación no puede ser posible sin crear el archivo primero en ArcGIS.

Figura 57. Proceso de georeferenciación o creación de una referencia espacial.



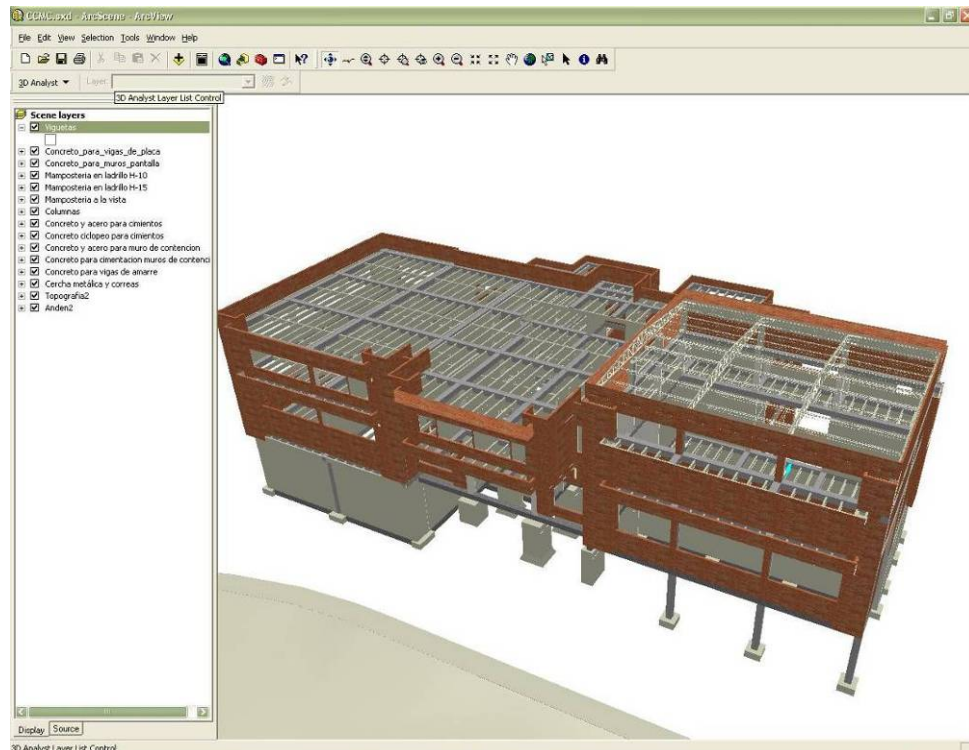
Con el modelo georeferenciado, se comenzó a realizar las últimas modificaciones a los grupos y al dibujo en general, eliminando caras de sólidos y líneas, ya que muchos de estos elementos se pueden estar repetidos o no interesar en cuanto al modelo a realizar,

por ejemplo las caras de los muros colindantes con las columnas, las cuales fueron eliminadas debido a que para el modelo total no se hacían necesarias.

La exportación de datos realizada por el programa SketchUp hacia ArcGIS, se realiza por grupos o componentes, de esta forma, un grupo en SketchUp corresponde a un elemento en la base de datos; por esto se hizo necesario conformar los grupos de forma intuitiva al trabajo correspondiente.

Gracias a la versatilidad del programa usado, el modelo pudo exportarse en formato “Microsoft Access Database” conocido como .mdb, el cual puede modificarse y abrirse en multitud de programas entre estos los de utilidad para este aporte, ArcGIS (ArcScene) y Microsoft Access. De esta forma el modelo puede observarse en ArcScene como se muestra en la siguiente figura.

Figura 58. Modelo del laboratorio en ArcGIS.

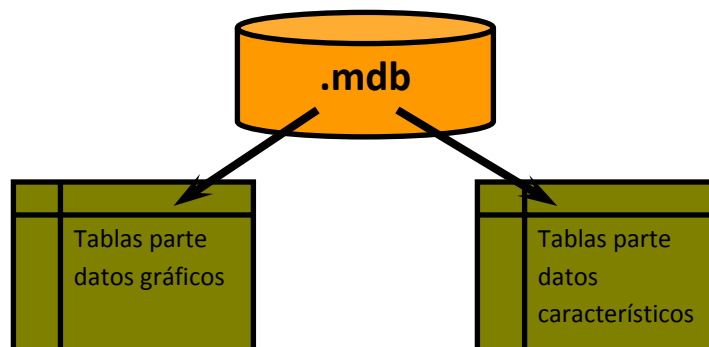


De esta forma se crearon las bases de datos para cada uno de los elementos característicos de la obra y que representan gran significado con respecto a cantidades de obra, e igualmente con relación a costos.

6.3.2 Configuración de las bases de datos

Las necesidades en la realización de este aporte, no solo tienen en cuenta la capacidad de análisis espacial de la obra, sino también el requisito de que cada elemento que compone el edificio exponga sus características para su procesamiento. Es por esta necesidad de conformar el sistema de información por la cual se modificaron las bases de datos, las cuales se conforman como se muestra en la siguiente figura.

Figura 59. Información contenida en cada una de las bases de datos.



Para tal fin, fue modificada la tabla de datos característicos de cada base de datos, adicionando campos tales como su localización, el nivel, sus dimensiones entre otros campos mas.

Empresas como Common Point, Inc. ofrecen paquetes de software como el Project 4D, los cuales combinan propiedades de la programación de obra con las bondades multididácticas de la visualización en 3D. Aunque al simulador propuesto como aporte a esta práctica empresarial, puede incluirse datos de tiempos de programación de obra, en forma de campo de la base de datos de cualquier objeto, este simulador desarrollado en SIG carece de la propiedad de visualizar los procesos en el diagrama de Gantt, pero tiene la ventaja de poder personalizar cada campo y disponer de este para ser consultado y modificado en el SIG, por esto al modificar las bases de datos y poder personalizar la información que el usuario necesite, el simple modelo animado en 3D se convierte en un modelo práctico en 4D disponible en obra para la ingeniería A/E/C como mundialmente se le conoce a la Arquitectura, la Ingeniería y la Construcción.

6.4 USO DEL SIMULADOR EN 4D PARA LA INDUSTRIA A/E/C

La consulta y utilización de los datos de las cantidades de obra están sujetos a ciertas entidades como los contratistas, el interventor y la dirección de obra o el ente contratante, en las siguientes líneas se explica el uso dado por cada uno de ellos y las ventajas de usar este tipo de información.

6.4.1 Uso relativo al constructor

Además de las citadas cantidades de obra para los ítems contratados, el constructor puede realizar los siguientes procesos, los mas importantes se ilustrarán ejemplos.

☞ Obtener la longitud total de acero, ya sea para tipos de elementos o según su diámetro:

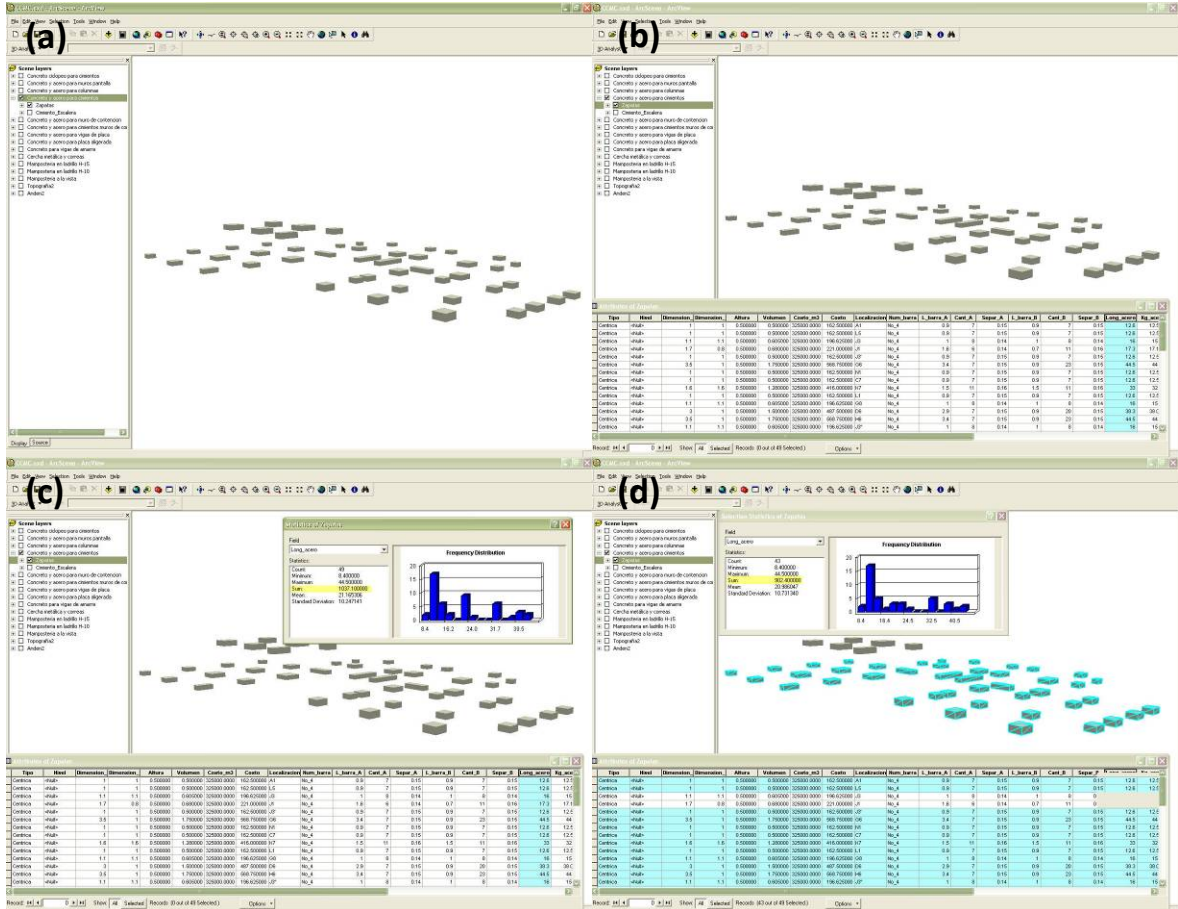
¿Como lo hace?

Partiendo de la idea para todos los casos, que el usuario tiene abiertas sus bases de datos en ArcScene, se debe seguir el siguiente procedimiento ...véase figura 60...

- ✓ Apagado de todas las capas no relevantes con el tema a tratar **(a)**; para este caso analizaremos la longitud total de acero de ½" ó #4 para todas las zapatas, se deberán apagar las no pertinentes para mejor visualización de la tarea.
- ✓ Apertura de la tabla de atributos de los elementos y ubicación sobre el campo de la longitud de acero **(b)**, debe tenerse en cuenta que los datos ya fueron introducidos en los anteriores procesos.
- ✓ Selección de las estadísticas del campo relacionado, en este cuadro podemos observar la sumatoria de este campo **(c)**, nos indica un valor de 1.037,1 m de varilla de ½".

Es importante recalcar, que si el usuario solo requiere la sumatoria de las zapatas ubicadas en el sótano del edificio tendrá que seleccionarlas o filtrarlas **(d)** y posteriormente aplicar sus estadísticas para hallar la sumatoria en cuyo caso es 902.4 m.

Figura 60. Proceso de obtención de longitud de acero para zapatas.



Muestro este proceso como ejemplo debido a que viví por experiencia en la práctica empresarial la necesidad de obtener este valor importante para el constructor a la hora de hacer el pedido y negociación del material.

➤ Obtener el peso en kilogramos de un tipo especial de varilla o el peso total en kilogramos según diámetro de la varilla y elemento a analizar para los procesos de figurado ...véase figura 61...

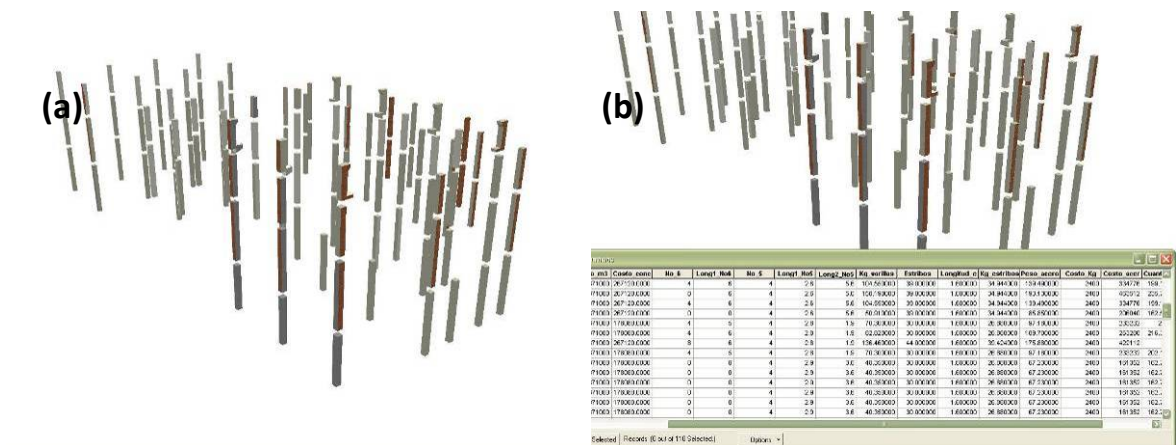
¿Cómo lo hace?

✓ Apagado de todas las capas no relevantes con el tema y encendido de la capa columnas (a), ya que en este caso analizaremos el peso de todas las varillas #5 de 6m de longitud.

- ✓ Apertura de la tabla de atributos de los elementos e identificación del campo a actuar **(b)** (longN_No5, donde N es cualquier número); es válido aclarar que existe un campo llamado Kg_varillas que pudiéramos usar, pero ya que este representa la sumatoria de las varillas #6 y #5 de distintas longitudes no será la respuesta que necesitamos.
- ✓ Para el siguiente paso, se pueden realizar dos procesos según requiera el usuario; el primero es generar un nuevo campo en la base de datos y realizar la multiplicación o copiar los datos a Excel para no modificar la base de datos, recuérdese que una base de datos guarda cambios automáticamente. En este caso se generará un campo nuevo llamado Kg_No5 **(c)**.
- ✓ El valor que calculará el campo denominado Kg_No5 será igual al peso de una varilla #5 por la cantidad y por su longitud **(d)**.
- ✓ Una vez calculados todos los valores para el campo, se seleccionan aquellas entradas que tengan un valor de longitud de varilla de 6m y se piden las estadísticas al programa **(e)**, la suma del peso da como resultado 744.96Kg de acero para las varillas de 6m en columnas.

Este dato de gran importancia para el constructor a la hora de realizar las cotizaciones de material, se genera fácil y rápidamente con el sistema de información; igualmente se pueden obtener con este sistema datos como la cantidad total de acero según diámetro para columnas o analizar el costo total del acero según los precios de compra y compararlo con el precio pactado según el contrato.

Figura 61. Análisis procesos de consulta a aceros en columnas.



Es totalmente clara y prácticamente lógica, la utilidad que tiene para el constructor, este dato, al momento de hacer la compra del concreto premezclado, sin embargo cada constructor tiene su método empírico para cuantificarlo.

- ☞ Obtener la cantidad de metros cuadrados requeridos para pintura, ya sea de muros o de placa de techo.
- ✓ Para esto, deberá totalizarse el campo Area de la capa muros para cada nivel de los muros marcados como H-15 y H-10 y multiplicarla por dos, (entiéndase por área, aquella que contiene viguetas y columnetas) adicionalmente se debe dar clic en aquellos muros de mampostería a la vista que presentan pintura por su parte interior y totalizarlos.
- ✓ Seguidamente debe extraerse el valor del área de la placa de contrapiso, en la capa y la tabla de atributos de esta y sumar todo.
- ☞ Obtención de la cantidad de metros cuadrados de ventanería, ya sea por niveles, una por una o toda la existente en el edificio.

Esta tarea, fácilmente solucionable con un filtro por niveles o seleccionando las ventanas a sumar en el cuadro de estadísticas, la anoto en este libro, debido a la necesidad que se tuvo en obra día a día; mientras en un día se pedía la de una u otra, al otro día se estaba pidiendo las del primer y segundo nivel para la implementación de las rejas de seguridad.

Son innumerables las opciones de consulta que pueden ser relevantes al constructor, seguidamente escribiré algunas de las tareas que se pueden solucionar con el sistema de información, sin embargo, cada usuario puede contemplar sus propias tareas y necesidades.

- ☞ Obtención de la cantidad de metros cuadrados de fachaleta.
- ☞ Obtención de las cantidades de metros cuadrados de puertas metálicas.
- ☞ Volumen de concreto para zapatas.
- ☞ Volumen de concreto para el total de columnas, una por una o por pisos mediante filtrado.
- ☞ Cuantificación de acero según diámetro para vigas (importante a la hora de la compra por parte del constructor).
- ☞ Cuantificación de la cantidad de estribos y la longitud de todos estos en las vigas para todas las vigas de placa o por viga.

6.4.2 Uso relativo a la interventoría

Igual que al constructor, la sola obtención de las cantidades de obra de cada elemento en cada grupo de elementos, por ejemplo, un tramo de columna en el sótano, representa para la interventoría una ganancia en tiempo y un orden en relación a las actividades de oficina. La interventoría puede consultar o modificar el sistema de información con ejemplos como los siguientes:

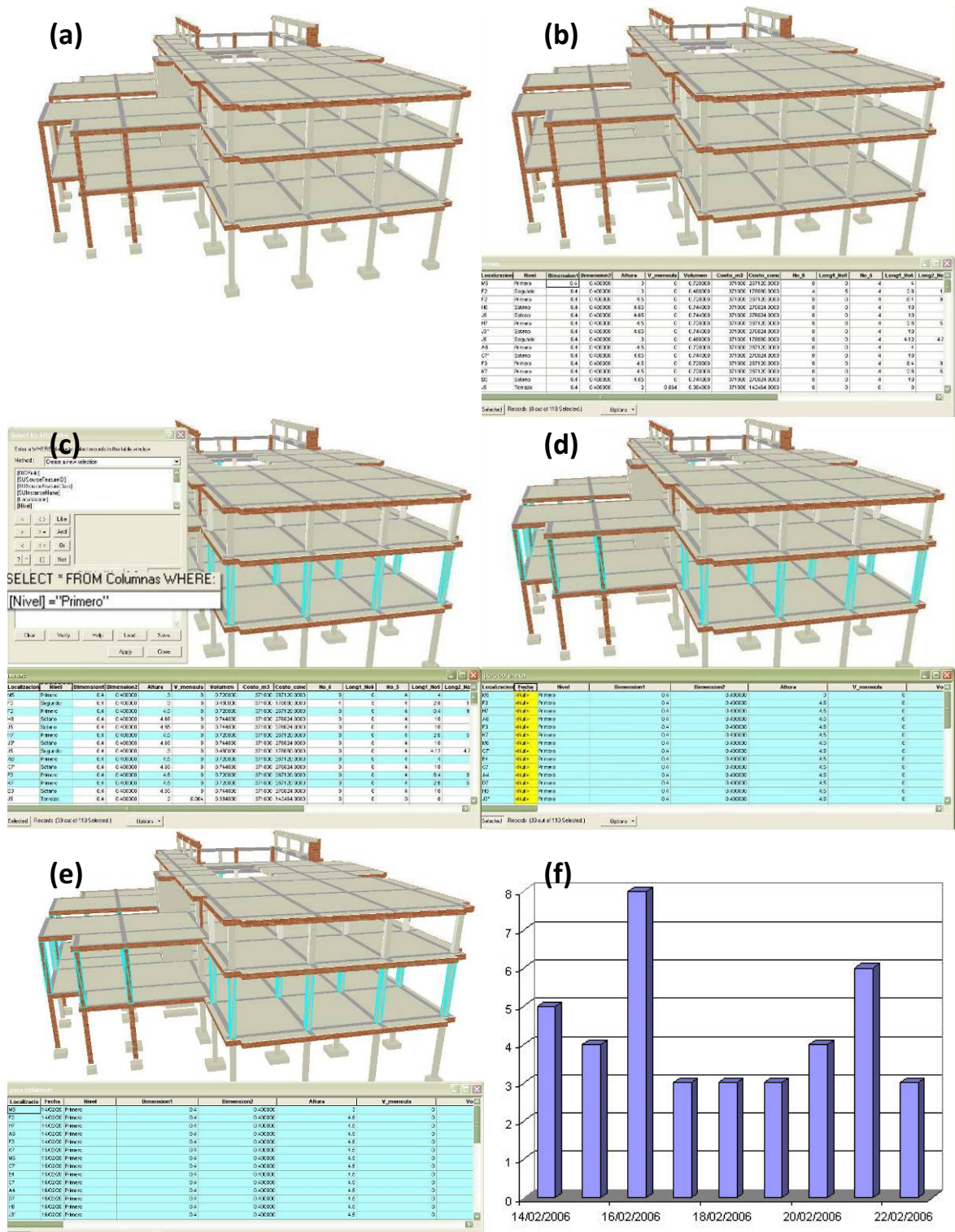
☞ Obtener un control de ejecución de obra por tiempos, según la fecha de construcción.

Me refiero con esto a establecer un gráfico que le indique al constructor, por ejemplo, la cantidad de columnas construidas a lo largo del tiempo, para esto se realizan los siguientes pasos: ...véase figura 62...

¿Cómo lo hace?

- ✓ Trabajando como ejemplo las columnas del primer nivel en una vista Nor-Occidental **(a)**, el interventor debe hacer visible la tabla de atributos de las columnas **(b)**.
- ✓ Realizar un filtrado para ver en la tabla solo aquellas columnas pertenecientes al primer nivel, para esto se escogen de a una por una o se filtra el nombre “Primero” el campo descrito como nivel **(c)**.
- ✓ Crear un campo llamado “Fecha” que contendrá datos de tipo “Date” y especificar su fecha de construcción, personalmente prefiero insertar los datos en Ms Access **(d)**.
- ✓ Una vez insertados los datos del día en que fueron construidas las columnas mencionadas, se procede ordenar de menor a mayor el campo “Fecha” visualizándose en tres dimensiones cuales columnas fueron construidas en cierta fecha **(e)**.
- ✓ Si se hace necesario obtener un gráfico, ya que las estadísticas obtenidas mediante ArcScene solo son para datos numéricos, la tabla debe copiarse y pegarse en Ms Excel para su procesamiento **(f)**.

Figura 62. Proceso de control por fechas de construcción.



☞ Control de ejecución de los trabajos de acabados arquitectónicos para los elementos.

Se refiere al control sobre la aplicación de friso, estuco sobre muros o cualquier otro material de acabado arquitectónico, para lo cual, el interventor puede crear un campo destinado para observaciones de acabados y especificar que tareas ya se han cumplido; de esta forma puede realizar filtros y observar cuales muros están en estuco o cuales ya están en pintados. Igualmente el interventor puede optar por crear un campo específico para cada tarea y detallar el porcentaje de trabajo completado para la labor.

Figura 63. Muros con imperfecciones



☞ Control de calidad en la construcción.

De la misma manera la interventoría puede usar el sistema de información para incluir datos en campos como la calidad de construcción de los elementos, filtrarlos y realizar un porcentaje visual en tres dimensiones de elementos construidos con excelente calidad. También puede incluir fotos de estos elementos para poder optar como soporte de exigencia al constructor.

☞ Control de los elementos pagados en anteriores actas de recibo parcial de obra.

Fue muy frecuente en obra, esta verificación, ya que pagar dos veces el mismo elemento puede causar grandes traumatismos a nivel social y ético; en mi punto de vista, la utilización de programas como Ms Excel debe estar acompañada de un ambiente o entorno visual que permita reconocer estos elementos de una forma rápida. Entusiasmado por lo anterior, el desarrollo de este simulador 4D en basado en SIG permite liberar las grandes tensiones que se producen cada vez que se necesite revisar un acta ya entregada o para cimentar las ideas que se necesiten plasmar en el acta. Cabe resaltar que el control de pago del acero del concreto reforzado en los elementos es un poco mas difícil que el implementado para el concreto.

El análisis resulta un poco sencillo para los concretos y sigue la misma metodología de los dos anteriores métodos de control; creando un campo llamado Acta_n cuando n es cualquier número de acta, se indica en cada elemento si fue este pagado en dicha acta o no lo fue.

6.4.3 Uso relativo a la dirección de obra

El organismo encargado de realizar las tareas de dirección de obra en la Universidad Industrial de Santander, es la oficina de Contratación y Proyectos de Inversión, la cual revisa minuciosamente todos los diseños elaborados para los proyectos de construcción, igualmente corrobora las cantidades de obra realizadas por los diseñadores para poder realizar un mejor proceso de contratación. Uno de los diseños a revisar, es el correspondiente a los diseños estructurales, para tal caso se cuantificó la cantidad de acero para vigas y columnas, posteriormente se obtuvo el indicador estructural y constructivo conocido como la cuantía para columnas en Kg por cada metro cúbico de concreto, a continuación se presentan los pasos para obtener estos valores en los muros pantalla y la explicación sobre el uso de este indicador.

☞ Obtención de cuantías para los elementos de concreto reforzado ...véase figura 65...

¿Cómo lo hace?

- ✓ Como primer paso, debe abrirse la base de datos en Ms Access.
- ✓ Debido a que en la base de datos, los muros pantalla están discriminados por niveles, la sumatoria de los volúmenes de cada elemento por nivel corresponde al volumen total del muro; por esto se hace necesario ordenar alfabéticamente el campo llamado

localización para poder ver consecutivamente el muro en cada nivel uno después del otro **(a)**.

- ✓ Seguido, la base de datos debe ser copiada a Ms Excel, para contabilizar los concretos y los aceros de los elementos por piso, la expresión para la cuantía será:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n W_{Ai}}{\sum_{i=1}^n V_{Ci}}$$

Siendo n el número de niveles.

- ✓ Una vez obtenida la cuantía, esta se generaliza la misma para cada nivel de cada muro pantalla y se copian los valores en un campo nuevo creado en Access con el nombre de cuantía **(b)**.
- ✓ En ArcScene se cierra y se carga la tabla correspondiente a los muros pantalla, se ordena ascendentemente el campo nivel.
- ✓ Por último se seleccionan los muros correspondientes al primer nivel y se abre la ventana de estadísticas para el campo cuantía **(c)**, obteniéndose un valor promedio de cuantía para muros pantalla de 95.93Kg/m³.

La importancia de hallar este valor en cualquier tipo de elemento en concreto reforzado, radica en la posibilidad de desarrollar por parte de la oficina contratante o de la entidad, una serie de indicadores o gráficas a partir de la experiencia constructiva, la cual permita predecir la cantidad de acero requerida por el elemento a partir del volumen de concreto, para labores presupuestales, tales como la determinación de la disponibilidad presupuestal.

La gráfica tendría más o menos el siguiente estilo ...véase figura 65... y la pendiente de esta será el promedio de las cuantías de muros pantalla de todas las obras realizadas por la institución y cada punto representaría la cuantía de muros pantalla para cada obra.

Figura 64. Ejemplo tendencia de cuantías

Ejemplo Tendencia de Cuanías

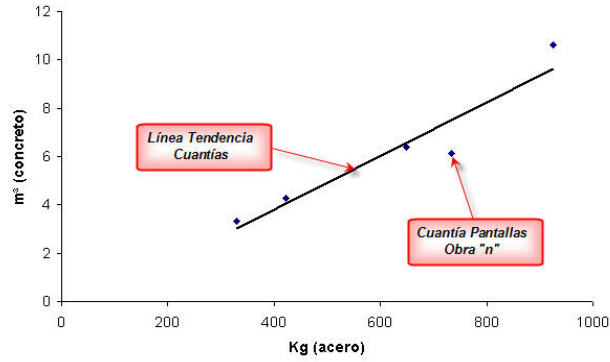


Figura 65. Proceso de obtención de cuantías para los elementos.

(a) **Elementos para muros pantalla - F165**

ID	Localización	Nivel	Dimensión 1	Dimensión 2	Altura	V. mensala	Vol. mura	Costo m³	Costo concreto	A. No. 4	B. No. 4	A. Long. Nod	B. Long. Nod	Kg. varillas	Ene
2 D6	Segundo	0.25	2.1	3	0	1.675	3.710000	\$ 584.226.00	\$ 584.226.00	12	10	2.5	5.5	84.49	0
3 D6	Segundo	0.25	2.1	4.66	0	2.44125	3.710000	\$ 584.226.00	\$ 584.226.00	12	10	2.5	5.5	208.74	0
12 D6	Primera	0.25	2.1	4.6	0	2.3625	3.710000	\$ 578.482.50	\$ 578.482.50	0	0	0	0	0	0
10 E1	Segundo	0.25	1.4	3	0	1.15	3.710000	\$ 381.550.00	\$ 381.550.00	8	6	2.5	5.5	52.882	0
8 E1	Primera	0.25	1.4	4.6	0	1.675	3.710000	\$ 584.226.00	\$ 584.226.00	0	0	0	0	0	0
11 E1	Segundo	0.25	1.4	4.66	0	1.6275	3.710000	\$ 580.680.50	\$ 580.680.50	8	6	12	9	148.1	0
6 E5	Segundo	0.25	3.5	4.66	0	4.09875	3.710000	\$ 1.198.768.75	\$ 1.198.768.75	15	14	12	9	316.182	0
5 E5	Primera	0.25	3.5	4.6	0	3.3375	3.710000	\$ 1.462.812.50	\$ 1.462.812.50	0	0	0	0	0	0
4 E5	Segundo	0.25	3.5	3	0	2.625	3.710000	\$ 973.975.00	\$ 973.975.00	10	14	2.5	5.5	116.285	0
13 H6	Segundo	0.25	3.5	4.66	0	4.05875	3.710000	\$ 1.190.586.25	\$ 1.190.586.25	15	14	12	9	316.082	0
19 H6	Primera	0.25	3.5	4.6	0	3.3375	3.710000	\$ 1.462.812.50	\$ 1.462.812.50	0	0	0	0	0	0
15 H6	Segundo	0.25	3.5	3	0	2.625	3.710000	\$ 973.975.00	\$ 973.975.00	10	14	2.5	5.5	116.285	0
1 J1	Segundo	0.25	1.4	3	0	1.15	3.710000	\$ 381.550.00	\$ 381.550.00	8	6	4.1	7.1	74.9478	0
7 J1	Tercera	0.25	1.4	3	0.0164	0.7134	3.710000	\$ 261.558.40	\$ 261.558.40	0	0	0	0	0	0
9 J1	Primera	0.25	1.4	4.6	0	1.675	3.710000	\$ 584.226.00	\$ 584.226.00	8	6	7.8	4.3	83.0348	0
14 K5	Primera	0.25	2.1	4.6	0	2.3625	3.710000	\$ 578.482.50	\$ 578.482.50	0	0	0	0	0	0
18 K5	Segundo	0.25	2.1	4.66	0	2.44125	3.710000	\$ 584.226.00	\$ 584.226.00	12	10	2.5	5.5	208.74	0
17 K5	Segundo	0.25	2.1	3	0	1.675	3.710000	\$ 584.226.00	\$ 584.226.00	12	10	2.5	5.5	84.49	0
(Agrupación)			0	0	0	0	0	\$ 0.00	\$ 0.00	0	0	0	0	0	0

(b) **Elementos para muros pantalla - F165**

No. 4	A. Long. Nod	B. Long. Nod	Kg. varillas	Embo	Long. emb	Ganchos	Long. ganchos	Peso acero	Costo Kg	Costo acero	Cuanía	Imagen
12	10	2.5	5.5	84.49	20	4.7	180	0.36	172.41	\$ 2.400.00	\$ 413.764.00	101.792044
10	10	12	9	208.74	32	4.7	288	0.36	349.412	\$ 2.400.00	\$ 638.658.00	101.792044
0	0	0	0	0	29	4.7	264	0.36	127.404	\$ 2.400.00	\$ 306.961.60	101.792044
8	6	2.5	5.5	52.882	20	3.1	100	0.36	107.862	\$ 2.400.00	\$ 258.804.80	99.16365020
0	0	0	0	0	29	3.1	144	0.36	70.764	\$ 2.400.00	\$ 178.033.60	99.16365020
8	6	12	9	149.11	22	3.1	180	0.36	238.012	\$ 2.400.00	\$ 588.428.80	99.16365020
16	14	12	9	316.082	32	5.3	416	0.36	610.624	\$ 2.400.00	\$ 1.225.257.60	99.96493927
0	0	0	0	0	29	5.3	377	0.36	376.204	\$ 2.400.00	\$ 422.859.84	99.96493927
16	14	2.5	5.5	116.285	20	5.3	280	0.36	253.818	\$ 2.400.00	\$ 570.763.20	99.96493927
16	14	12	9	316.082	32	5.3	416	0.36	610.624	\$ 2.400.00	\$ 1.225.257.60	99.96493927
0	0	0	0	0	29	5.3	377	0.36	376.204	\$ 2.400.00	\$ 422.859.84	99.96493927
16	14	2.5	5.5	116.285	20	5.3	280	0.36	237.018	\$ 2.400.00	\$ 470.763.20	99.96493927
8	6	4.1	7.1	74.9478	20	3.1	100	0.36	120.2676	\$ 2.400.00	\$ 310.242.24	99.96493927
0	0	0	0	0	14	3.1	70	0.36	30.024	\$ 2.400.00	\$ 91.257.60	99.96493927
8	6	7.2	4.3	83.0348	29	3.1	145	0.36	162.4688	\$ 2.400.00	\$ 399.901.12	99.96493927
0	0	0	0	0	29	4.7	264	0.36	127.404	\$ 2.400.00	\$ 339.961.60	101.792044
10	10	12	9	208.74	32	4.7	288	0.36	349.412	\$ 2.400.00	\$ 638.658.00	101.792044
12	10	2.5	5.5	84.49	20	4.7	180	0.36	172.41	\$ 2.400.00	\$ 413.764.00	101.792044
0	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	0

(c) **Selección de barras de concreto para muros pantalla**

Count: 6
 Minimum: 86.964938
 Maximum: 101.792044
 Sum: 575.561328
 Mean: 95.926888
 Standard Deviation: 6.437709

Peso acero	Costo_Kg	Costo_acero	Cuanía Kg_m2	Imagen
176.204	2400	422889.6	86.964938	!html>
78.764	2400	189033.6	99.163659	!html>
162.4588	2400	395801.12	99.863024	!html>
127.484	2400	305981.6	101.792044	!html>
127.484	2400	305981.6	101.792044	!html>
176.204	2400	422889.6	86.964938	!html>

6.5 OTROS USOS DEL SIMULADOR 4D

El simulador 4D basado en SIG y mas precisamente el modelo montado en SketchUp con base en los planos “As built”, puede ser de gran importancia para futuros proyectos desarrollados en la escuela de Ingeniería Civil de la UIS. Se considera útil, en la medida que el usuario puede realizar sistemas de información con diversos objetivos y con relación al Centro de Caracterización de Materiales de Construcción, pudiéndose destacar los siguientes como ejemplos:

- ☞ Creación de los grupos necesarios en el modelo en 3D para las cantidades adicionales en una obra, ya que el sistema de información desarrollado en este aporte debe pensarse en ser realizado antes de los procesos licitatorios.
- ☞ Tipificar el modelo para su uso en un sistema de información relevante a la ubicación y consulta de la base de datos de la red informática del edificio.
- ☞ Personalización del modelo en 3D, con la creación de paralelepípedos que representen las zonas en las cuales se ubicarán los equipos a ser usados en el laboratorio, esta información puede llevarse por niveles a ArcScene y realizarse la base de datos para cada zona de equipos, especificando cuantos equipos hay, cuales son, el día de ingreso al laboratorio, el día de próximo mantenimiento, su referencia, su voltaje etc, con el ánimo de organizar y ayudar en los procesos de certificación del laboratorio.
- ☞ Creo que entre los mas importantes usos, se destacaría el empleo del simulador como inicio para futuros proyectos de investigación en tecnologías en 4D, ya sea en base a SIG o no; la propuesta de impulsar un grupo de investigación en esta tecnología pionero en nuestra región que pueda dar las bases para tecnificar la construcción Colombiana y sacarla de su mal llamado atraso tecnológico.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ Indudablemente queda demostrada la contribución que poseen las prácticas de proyecto de grado como factor profesionalizante en campos como la construcción y más específicamente los expuestos en el capítulo 4 de este trabajo; son invaluable los conocimientos adquiridos no solo en la parte académica sino en la parte social y de trabajo en grupo. Al saber que la experiencia es parte del conocimiento, estas series de trabajos de grado conforman un complemento para la academia; no obstante la práctica debe ir acompañada de pequeñas investigaciones relacionadas con los temas vivenciales en obra y así reafirmar las bases teóricas, a manera de analizar las actividades desde un punto crítico o colaborativo en el transcurrir de la obra.
- ❖ Es realmente importante generar un ambiente de verificación sobre las cantidades de obra de excavación a mano y a máquina, cuando en los proyectos de construcción estas se manifiestan; por lo explicado a lo largo de este documento, lo analizado en oficina y lo experimentado en campo, las condiciones reales del terreno pueden llegar a ser completamente inesperadas; expresamente es considerable realizar un estudio detallado sobre este tema, conocer a ciencia cierta los alcances y porcentajes de afectación económica en el proyecto, así los estudios geotécnicos por estos días sean de los mas costosos de la ingeniería, estos podrán proveer la seguridad económica de un proyecto.
- ❖ Igualmente expuesto por el autor mientras se desarrollaban los procesos constructivos, es importante anotar como conclusión, la necesidad de implementar o hacer efectivas acciones correctivas hacia los diseñadores, los cuales en muchas de las ocasiones son los causantes del no cumplimiento de los plazos temporales pactados por el constructor, siendo este último el verdaderamente sancionado; esto último expuesto debido a las grandes vicisitudes presentadas en toda la zona metropolitana.
- ❖ La Universidad Industrial de Santander, como institución de educación superior, entrega las bases para un conocimiento académico y por esta época también el conocimiento práctico, es realmente conmovedor para mi, poder retribuir todo lo aprendido en el apoyo a la construcción del nuevo edificio de laboratorios de la escuela de Ingeniería Civil, expreso mi mas profundo sentimiento del deber cumplido, mas allá de las metas propuestas al comienzo de esta práctica empresarial.

- ❖ El apoyo y el conocimiento brindado por todo el personal de ingenieros y arquitectos presentes en todos los procesos de obra conforman un gran apoyo en el este paso hacia la profesionalización, las enseñanzas recibidas proveen de un segundo despertar como persona y en el campo académico; enfatizado por el trabajo en grupo interdisciplinario.

- ❖ El uso de la tecnología no solo para procesos algorítmicos repetitivos, puede implementarse; es visible en este trabajo de práctica de grado, la utilización de sistemas de información no solo en vías, geología o aspectos medioambientales entre otros, sino en ámbitos casi nunca formulados para la tecnología como la construcción; el poner en marcha una modernización tecnológica en el campo de la construcción es todavía una labor llamativa pero poco aplicada debido a la gran cantidad de ingenieros no familiarizados con este tipo de tecnologías, a medida que el tiempo transcurra y la construcción se modernice, los sistemas de automatización de procesos serán mas viables en la Ingeniería Civil sin eliminar las tareas del ingeniero residente de obra.

- ❖ Una de las propuestas por las cuales se debe manejar el sistema de información propuesto por el presenta autor, se refiere a reencontrar la labor de los ingenieros residentes de obra, la cual se ve muy dificultada cuando de hallar cantidades de obra se refiere, estos procesos trabajosos y en algunos momentos demasiado molestos podrían simplificarse y así poder situar las acciones del ingeniero residente en la administración de obra, la revisión y monitoreo de todos los procesos realizados por sus subalternos, además de aplicar el término bien adquirido de Ingeniero para idear soluciones a los problemas presentados durante la obra.

- ❖ Es preciso mejorar los procesos de control de las cantidades de obra, con el avance de la tecnología, y principalmente debe plantearse el reto para todos los estudiantes de Ingeniería Civil de mejorar estas actividades fundamentales en obra, desde los niveles de educación de pregrado y postrado; para esto podría sugerirse la implementación de la asignatura Sistemas de Información Geográficos en niveles no tan altos de pregrado, preferiblemente desde séptimo semestre. Considerando que esta asignatura debe matricularse como electiva profesional, los proyectos desarrollados con esta tecnología deberán reconocerse y explicarse a los estudiantes de niveles como el planteado, para hacer entender al estudiante del poder del uso de estas herramientas.

- ❖ Es recomendable, utilizar el modelo generado mediante el programa SketchUp para generar sistemas de información con otro tipo de utilidades, tales como el seguimiento a los equipos de los laboratorios, o obtener imágenes renderizadas de los espacios para el montaje de la página web y mostrar así desde todos los puntos que se quiera el edificio, igualmente las imágenes extractadas podrán servir de alguna probable manera en los documentos de soporte para la acreditación institucional del laboratorio ante el ministerio de educación.

- ❖ En cuanto al ámbito contractual y de avance de obra, debe recomendarse reducir la cantidad de entes contratados, ya que la interacción entre cada uno de estos puede generar retrasos de actividades y percances poco amistosos en obra; en muchas de las ocasiones las limitaciones de los contratos (tales como los daños producidos de un contratista a otro) son tan ajustadas que ninguna de las dos partes contratadas cede y desencadenan estrategias anti-benéficas para la integridad de la construcción del edificio.

- ❖ Se propone clara y abiertamente en este trabajo de práctica empresarial e investigativo, la apertura de un pequeño grupo de investigación en tecnología 4D aplicada a la industria A/E/C Santandereana y Colombiana; para fomentar el avance tecnológico en todas las áreas de la ingeniería, que no sea la construcción una ciencia que solo tiene oportunidades desde la perspectiva experimental del pasado, debe darse la bienvenida a pensamientos tecnológicos diferentes que ayuden a complementar la experiencia de la construcción Colombiana.

- ❖ Gracias a la suerte de poder ser el practicante del edificio insignia de la escuela de Ingeniería Civil de la UIS, puedo dar crédito de que la teoría aprendida a lo largo de estos cinco años de estudio generan cierta confianza y un inmejorable desenvolvimiento en todas las áreas de la Ingeniería Civil.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO TARAZONA, Álvaro. La UIS historia de un proyecto tecnicocientífico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Historia, 1998. 228 p.

SUAREZ DIAZ, Reynaldo. Historia de la Universidad Industrial de Santander: Organismos anexos a la institución. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Departamento de Ciencias Sociales, 1990.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, Universidad Industrial de Santander 50 años. Bucaramanga: 1998, 223 p.

LÓPEZ BATÍZ, Oscar. Comportamiento de estructuras de concreto reforzado con elementos precolados en el sistema piso. En: IX CONGRESO DE PREFABRICACIÓN, Pachuca, México.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. Ley 400 de 1997, decreto 33 de 1998. Título D y E.

FISHER, Martín y MOURGUES, Claudio. Investigaciones en Tecnologías de Información Aplicadas a la Industria A/E/C (Arquitectura, Ingeniería y Construcción), 2001. CIFE Technical Report # 124, Civil and Environmental Engineering, Stanford University.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, Volumen I – Condiciones generales Licitación Pública No. 026 de 2005. Bucaramanga: Dirección de Contratación y Proyectos de Inversión, 2005, 54 p.

----- . Volumen II – Especificaciones técnicas Licitación Pública No. 0.26 de 2005. Bucaramanga: Dirección de Contratación y Proyectos de Inversión, 2005, 76 p.

----- . Volumen II – Anexos de la propuesta Licitación Pública No. 0.26 de 2005. Bucaramanga: Dirección de Contratación y Proyectos de Inversión, 2005, 2 p.



ANEXOS

ANEXO A: BREVE HISTORIA CONSTRUCTIVA Y GESTIÓN DEL PROYECTO.

ANTECEDENTES Y COMPRA DE LOS TERRENOS

El proceso de creación de la Universidad Industrial de Santander, fue un sumario de gestiones desarrolladas durante 8 años, y presentado por primera vez por el Director de Educación Pública el señor Mario Galán Gómez; el proyecto pretendía la materialización de las facultades tales como: Ingeniería Industrial, Minas, Veterinaria, Agronomía y Administración de Negocios; era claro que para que estas ideas se convirtieran en realidad sería necesario atravesar por distintas etapas y convenios financieros a fin de materializar o construir la ciudad universitaria que tenemos hoy en día.

Como primer avance constructivo para la instauración de la Facultad de Ingeniería Industrial, en el año de 1940, estuvo la compra a muy bajo precio y con financiación del gobierno nacional de los predios hoy aledaños a la Universidad a los señores Andrés y José María Navas, para la construcción del nuevo centro educativo con el nombre de Dámaso Zapata donde se construiría la cuna de la Universidad Industrial de Santander; es así como con la creación de este instituto, el departamento de Santander, comenzó a jugar un papel importante en la educación técnica del país.

Ya por el año de 1944 se formula de nuevo el proyecto de materialización de la Universidad, esta idea formulaba un proyecto distinto al proponer escuelas de estudios profesionales y de licenciaturas en Veterinaria, Química, Farmacia, Agronomía, Mineralogía e Ingeniería Industrial, Comercio y Bellas Artes. Es así como en el año de 1945 El gobernador Alejandro Galvis Galvis reservó la suma de \$347.000 dirigidos hacia las futuras construcciones de la futura universidad que esperaba ser construida al lado del Dámaso Zapata, en el sitio donde se encontraba la casona La Perla; se pretendía de tal forma aprovechar la cercanía de las dos instituciones, tanto así que se preveía su fecha de inauguración hacia el año 1947.

El nueve de diciembre de 1947 se procedió a la creación de la Universidad Industrial de Santander y para tal fin los recaudos financieros vendrían sobre las alzas en los impuestos a la libra de carne y los pasajes de los buses; una vez fijados los futuros recursos de la Universidad, se fijó una partida de \$400.000 para atender la organización y funcionamiento del año 1948, adicionales a estos fueron \$100.000 por regalías petroleras. Es así como el primero de marzo de 1948 en las instalaciones del instituto Dámaso Zapata, se hizo la apertura de la UIS en un sencillo acto inaugural presidido por el gobernador Rafael Ortiz González, el cuerpo de profesores, estudiantes y unas pocas personas mas, como sede inicial y mientras se construían los edificios en lo que hoy es la sede actual, se

iniciaron labores en una casa de dos pisos aledaña a la esquina sudoeste del Estadio Alfonso López y las prácticas de laboratorios para Ingeniería Eléctrica y Mecánica ser harían en el Dámaso Zapata y las de Ingeniería Química en el Laboratorio Departamental de Química, conocido como la casa de Nigrinis cerca al coliseo Peralta.

Como primer rector de la UIS fue designado el Ingeniero Civil Nicanor Pinzón Neira y parte de la gestión de este primer rector fue la compra de sesenta (60) Hectáreas de terreno al borde de la meseta, el antiguo Llano de Don Andrés, sitio en donde transcurrió parte de la batalla de los Mil Días, como ya se dijo en párrafos anteriores, contiguo al Instituto Dámaso Zapata, para su compra, no había quedado un peso luego de el pago de profesores y parte administrativa, sin embargo, en los fondos existían \$250.000 para compra de laboratorios. Por lo tanto, el Consejo Directivo de la Universidad, decide asignar este rubro para la compra de los terrenos, los cuales eran muy conocidos por la única construcción allí cimentada, la casona La Perla. Después de la adquisición de los terrenos y hasta el año 1954, la UIS implementó su primera etapa de construcción del campus universitario, en esta fecha, la Universidad se traslada a su propia sede.

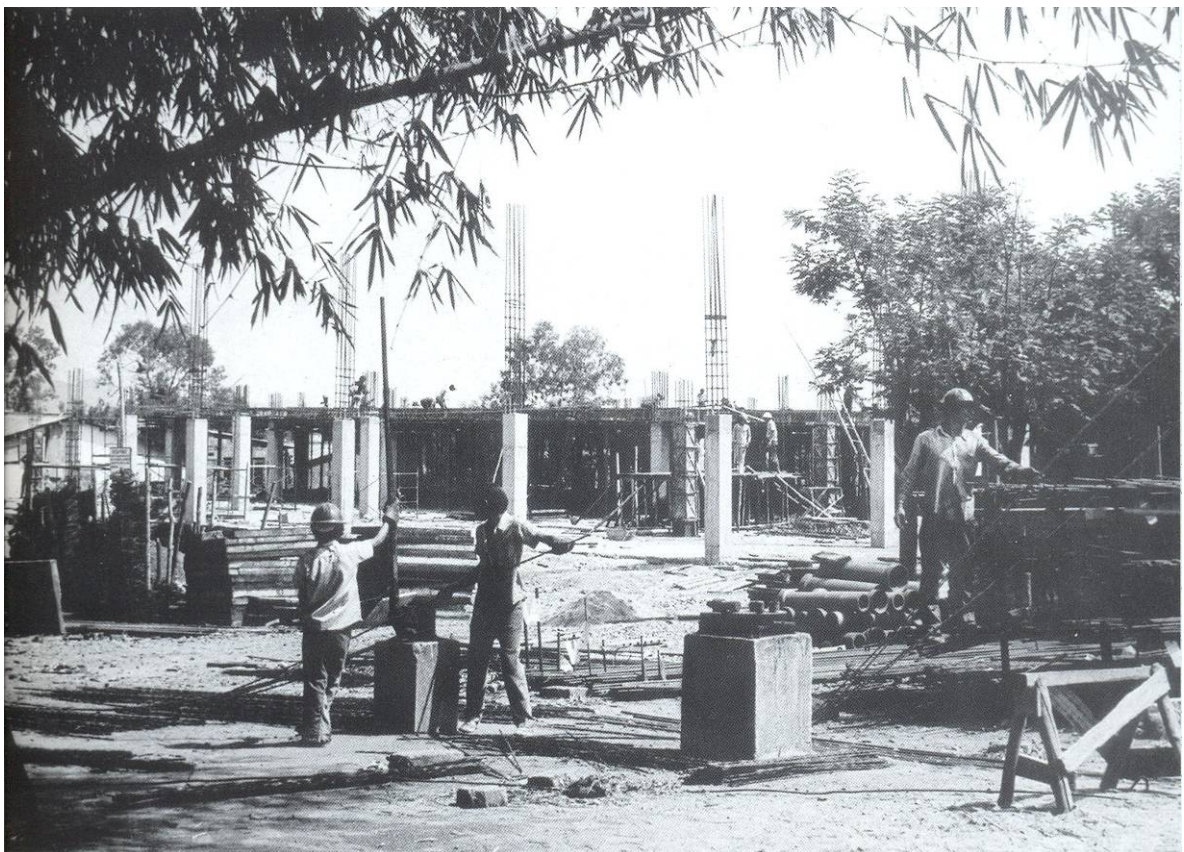
PROCESO DE EDIFICACIÓN DE LA UIS

La Perla, primera y más antigua edificación perteneciente a la UIS, establecida en los terrenos desde tiempos atrás, conocida ampliamente en su época como expendio de guarapo y venta de camino, vale la pena en este documento, hacer un pequeño recuento de su historia. Conocida en tiempos antiguos como vivienda campesina, tienda de camino y parada de descanso para viajeros que regresaban de las faldas de Chitota y Zaragoza en el río Suratá y paso obligado para todos aquellos viajeros en curso hacia Charta, Matanza, Suratá, California y Cachirí. El sitio también fue conocido por haber sido testigo del paso de ejércitos que se disponían a combatir en la guerra de los Mil Días en la Puerta del Sol. En las épocas universitarias, La Perla, fue conocida como las instalaciones de Bienestar Universitario y como gimnasio cubierto; en los años 1974 y 1975 La Perla era una casa destartalada, convertida en depósito de materiales, herramientas, vestuario y baños para obreros y jardineros; el destino de esta era su demolición, debido a que estorbaba la vía de circulación perimetral proyectada dentro del plan de desarrollo de la UIS, debido al empuje realizado por ASEDUIS, la casona fue asignada para su uso y reparación por parte de esta asociación. Hoy por hoy, la casona La Perla es una edificación que resalta en medio del concreto que la rodea, siendo así, una de las edificaciones mas queridas por los estudiantes y los egresados.

Es de resaltar en este capítulo que compromete todas las labores asociadas a la materialización de las edificaciones de la UIS, que por esa época (1951-1952) la UIS afrontaba la continuación de su crisis económica y pensando en resolverla, el exrector Ernst Nassar propuso vender parte de las 60 Hectáreas conseguidas varios años antes, pero la oposición del exrector Nicanor Panzón y de algunos profesores frustraron la ya comentada negociación.

Para la primera etapa de construcción del campus universitario fue necesario esperar 5 años, en los cuales se construyeron edificaciones para los programas de Matemáticas, Metalurgia e Ingeniería eléctrica.

Figura 66. Construcción de los primeros edificios en la UIS (1953).



Fuente: Libro, Universidad Industrial de Santander Edición Conmemorativa de los 50 años.

Concretamente fueron construidos los edificios de el antiguo gimnasio cubierto (en donde hoy se encuentran las instalaciones del Centro de Tecnologías de Información y Comunicación “CENTIC”), un pequeño edificio destinado a Ingeniería Metalúrgica ubicado al costado oeste de la biblioteca actual, un edificio dedicado a la enseñanza de ciencias básicas para la ingeniería el cual es hoy conocido como el edificio de matemáticas, igualmente construida en esta etapa la cafetería central y el edificio de servicios médicos y conocido en la actualidad como el laboratorio de alta tensión obras totalmente terminadas en el año 1954. En el año de 1953, en los tiempos de la rectoría de Julio Álvarez Cerón (1952-1956), estas obras fueron terminadas, y a la par de cuando los profesores y estudiantes se tomaron las instalaciones de la ciudad universitaria en progreso, comenzaban las construcciones de las instalaciones de Ingeniería Química, e Ingeniería de Petróleos y un nuevo edificio para Ingeniería Metalúrgica, las cuales fueron finalizadas en el año 1955 cuando la UIS contaba con tan solo 284 estudiantes.

Figura 67. Antiguo gimnasio cubierto y los edificios de Ingenierías Metalúrgica y Química.



Fuente: Libro, Universidad Industrial de Santander Edición Conmemorativa de los 50 años.

La llegada a la rectoría de la Universidad el catedrático Rodolfo Low Maus en Octubre de 1957 trajo consigo nuevas edificaciones, teniéndose en cuenta que entre los frentes de trabajo del rector serían la expansión de la Universidad y la creación de la Facultad de

Ingeniería Industrial; es así como en el año 1959 se termina la construcción de los talleres tipográficos ubicados frente al primer edificio de Ingeniería Metalúrgica, al costado oeste de lo que es hoy la biblioteca universitaria (ver Figura 2).

De igual manera el rector en esa época, logró las gestiones necesarias para continuar la construcción del campus universitario, logrando la firma de la escritura pública entre la Universidad y la Gobernación con la cual esta entidad estatal se comprometía a cederle los terrenos adquiridos para su funcionamiento. Es así como se pudo comenzar en 1958 la construcción de parte de la villa olímpica, los edificios de Administración y de Mecánica incluyendo su auditorio y los laboratorios, todo esto logrado con un aporte de \$1'000.000 de pesos donados por ECOPETROL en 1958. Seguidamente en el año 1960 son inaugurados el edificio de Ingeniería Industrial, el edificio de administración, el edificio de mecánica, la edificación que hoy alberga a la oficina de planta física y el campo de béisbol con sus graderías, estos dos últimos ubicados en lo que hoy conocemos como el edificio de laboratorios de Física, y parte de la plazoleta de acceso a este.

Figura 68. Antiguo campo de béisbol y graderías.



Fuente: Dirección de Planeación UIS.

En este mismo año 1960 se inicia la construcción del primer bloque de residencias Universitarias con capacidad inicial para cuarenta y cinco (45) estudiantes, en ese entonces se pensaba consolidar un área de 247.669,53 metros cuadrados para toda el proyecto y que inicialmente constaba de tres plantas destinadas para los apartamentos de

los estudiantes cada uno de los cuales con una capacidad para tres camas y en común con cada dos unidades de apartamentos un baño. En el costado norte de la edificación se contemplaba construir una sala de estudios de y un estadero de usos varios ambas con un área de 76.63m², el cual remataba en su parte oeste con un pequeño apartamento para un profesor, a cuyo cargo estaría el funcionamiento de la residencia; obras que correspondían a 782.77m². Las residencias universitarias serían inauguradas en 1961 habilitándolas para prestar el servicio, la UIS tenía en esos momentos un total de 1119 estudiantes matriculados.

Figura 69. Edificio de Administración (izquierda), Mecánica y su auditorio (derecha).



Fuente: Dirección de Planeación UIS.

En la administración de Rodolfo Low Maus, se consiguieron valiosos convenios, uno de ellos contemplaba un convenio internacional con la fundación Ford para la construcción del edificio de Ingeniería Eléctrica y que posteriormente en el año 1962 sería inaugurado con un área construida de 2.417m² que correspondían a los laboratorios de eléctrica, laboratorios de electrónica, y las aulas de docencia eléctrica.

En el año 1964 bajo la administración de Juan Francisco Villarreal serían inaugurados los edificios de laboratorios de Física, que correspondían a un auditorio y un edificio cómodamente amoblado, hoy en día el edificio de los antiguos laboratorios de física es utilizado por CAPRUIS.

El crecimiento material de la UIS en la rectoría de Villarreal no fue tan grande como en la de su antecesor, su trabajo y gestión le mereció la inauguración de construcciones tales como el edificio de Bienestar Universitario, el edificio llamado en su época como la biblioteca e investigaciones que luego pasaría a ser para todo lo relacionado con audiovisuales, la cancha de fútbol, entre otras.

La década de los años setenta comenzó a pié firme cuando se definió el “Plan de Desarrollo 1971 – 1975”, la coordinación, elaboración y presentación definitiva estaba a cargo de la oficina de planeación y puesto en marcha en la rectoría de Neftalí Puentes Centeno, el cual, solo se haría efectivo en 1973, cuando la UIS cumpliría 25 Años; entre los diez planes propuestos en ese tiempo se destacan por su índole constructivo los siguientes:

- Urbanización – remodelación y redes para la zonificación y organización de los espacios del campus universitario
- Construcciones de los edificios para biblioteca, aulas, laboratorios, administración docente, auditorios.

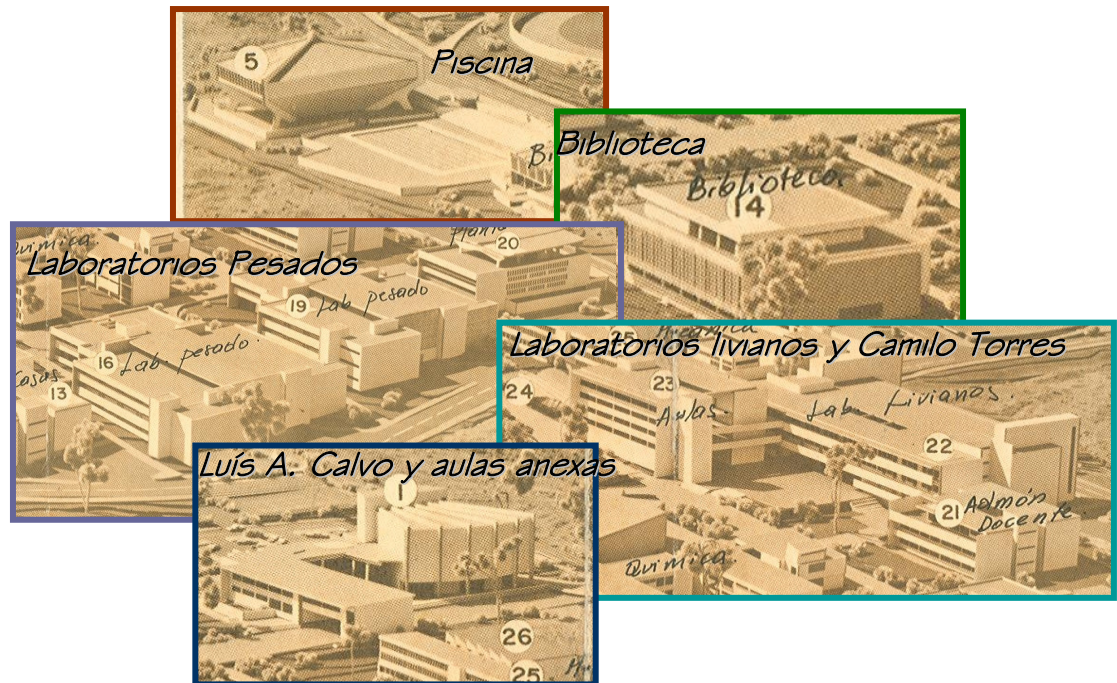
No fue sino hasta el 11 de diciembre de 1972 en que la UIS y el Banco Interamericano de Desarrollo firmaran el documento donde se fijaban las condiciones básicas de la negociación y se establecieron los calendarios para la entrega de los proyectos y demás aspectos relacionados con la organización y ejecución del plan. El monto del préstamo fue de US\$ 5'900.000. En cuanto a la planta física el plan de desarrollo pretendía en una primera etapa, dividir la Universidad en tres frentes: Académico, administrativo y de bienestar universitario; en una segunda etapa, se esperaba habilitar las zonas deportivas, también buscaba un desarrollo en una concepción del uso del terreno, infraestructura de servicios para un nuevo carácter arquitectónico, se impusieron los valores al paisaje natural, la topografía y la arborización existente, proyectando esto dentro del régimen de distancias y tiempos cortos de recorrido.

Prevaleció de igual manera, el concepto de movilidad funcional, flexibilidad en el diseño de las áreas para permitir crecimientos, cambios en la forma arquitectónica, normalización y racionalización del uso de materiales, sistemas constructivos.

La red de agua potable y el alcantarillado fueron levantados casi en su totalidad, se amplió la red eléctrica y la telefónica, se proyectó la iluminación del campus.

Se planteó construir los laboratorios livianos para Ciencias Básicas e Ingeniería, un edificio para Ciencias Básicas e Ingeniería, que hoy llamamos Camilo Torres, laboratorios para investigación y postgrados, el Centro de Documentación y Biblioteca y el Centro de Laboratorios Pesados para Ingenierías y reconstruir las aulas magistrales y centros de exposiciones y auditorio. Como política volumétrica se adaptó un máximo de 4 pisos en las construcciones.

Figura 70. Algunas obras proyectadas por el Plan de Desarrollo



Hacia el año de 1982, con la construcción del auditorio Luís A. Calvo y su inauguración el 7 de mayo de ese año, por parte del Ingeniero Civil UIS Álvaro Beltrán Pinzón, prácticamente concluye el Plan de Desarrollo para la UIS, advirtiéndose en la necesidad de evaluar lo construido.

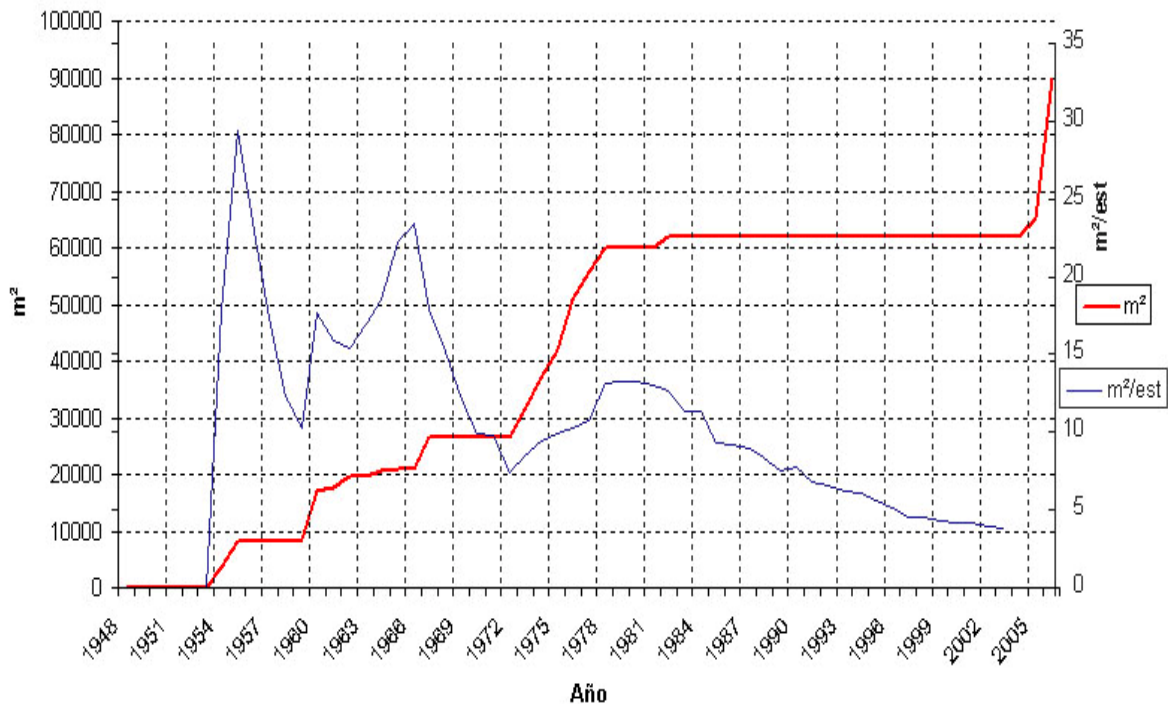
Desde el año 1982 hasta el año 2004 en la Universidad no se realizaron grandes modificaciones arquitectónicas, la única quizás, y que no representa cuantificación alguna en cuanto a m² construidos para la educación universitaria, es la mas conocida como

gallera y una que otra zona de parqueos en el campus universitario. En el año 2004, son iniciados los trabajos tendientes a los diseños para la construcción del Coliseo Externo e Interuniversitario del campus principal de la universidad; iniciándose su construcción el 11 de Enero del 2005 por el Ingeniero Civil UIS Orlando Serrano Pedraza, coliseo que comprende un área cubierta de 3.184,41 m² destinado para la práctica de fútbol de salón, baloncesto, volleyball, gimnasia olímpica, pesas, Taekwondo, un módulo administrativo para la Escuela de Deportes y de Cultura Física, no alcanzaba a finalizar la construcción del Coliseo (16 de Agosto del 2005) cuando la vista de los estudiantes incrédulos por las transformaciones de la Universidad, viró hacia la construcción de los acabados arquitectónicos y estructurales del edificio de Ciencias Humanas iniciadas alrededor de Julio del 2005, con una inmensa área de construcción de 9563 m², dedicados a albergar a 2.550 estudiantes de pregrado en una facultad con 11 programas académicos, un edificio de 23 metros de altura, majestuosamente edificado y finalizado en el mes de marzo del 2006. La gran calidad de las obras y el impulso constructivo de la administración del rector Álvaro Beltrán no se quedaron atrás, y eso queda consagrado en la construcción de la plazoleta de acceso principal a la universidad, la cual comenzó sus trabajos en el mes de octubre de 2005 con la excavación para un sótano de parqueaderos de 2.000 m² de área aproximadamente y un área de plazoleta de 5.100 m², esta imponente obra de ingreso a la universidad finalizaría en el mes de marzo del 2006. En el mes de diciembre del 2005 se iniciaría la obra de la Planta Piloto del Complejo Agroindustrial de la Cadena Productiva de Aceites Esenciales o mas conocida como “CENIVAM”, ubicada en el extremo nororiental del campus principal de la Universidad y las obras consistieron en la construcción de dos estructuras en concreto reforzado y mampostería, de un solo nivel, dejando para la fase 2 del proyecto el último y segundo piso; el área de construcción fue de 350 m², la obra finalizó en el mes de marzo del 2006. Desde el mes de diciembre del 2005 comenzó la construcción del Centro de Tecnologías de Información y Comunicación “CENTIC” el cual, es uno de los edificios mas destacados del campus, y el primero entre las universidades latinoamericanas en ser de tipo “inteligente”, tiene un área de construcción de 4.533 m², se encuentra localizado en el antiguo gimnasio cubierto y hasta la fecha no han finalizado los trabajos de acabados arquitectónicos, eléctricos, de automatización y de aires acondicionados. Se inició también en el año 2006 la Construcción y Adecuación de la Planta Física del Auditorio Luís A. Calvo con un área de construcción de 860m². Por último y no por esto el menos importante, el edificio del Centro de Caracterización de Materiales de Construcción de la UIS destinado a los laboratorios de Ingeniería Civil y sus grupos de maestría, con un área de construcción de 2.276 m², iniciada su construcción el día 27 de diciembre del 2005 y finalizadas Julio del 2006.

Es oportuno para este documento y para esta pequeña investigación hacer un recuento esquemático e ilustrativo, de las etapas del crecimiento físico de la Universidad Industrial

de Santander y que igualmente conlleva a un crecimiento académico al suministrar aulas de primera calidad.

Figura 71. Comparación m^2 históricamente construidos con cantidad de estudiantes matriculados



De la figura 6 podemos extraer puntos importantes, es posible ver que la tendencia inversamente proporcional en cuanto a la cantidad de m^2 que tiene un estudiante con respecto a las instalaciones que usa no se puede detener, se alivia cada vez que se construye un edificio como se ve claramente entre los años 1972 y 1978 en los cuales se desarrolló el plan general de desarrollo UIS-BID, aunque la pendiente sea menor debido a la gran cantidad de estudiantes que ingresaron en esta época entusiasmados por el crecimiento de la UIS y no comparable con los primeros años en los cuales un estudiante podía estar de otro separado casi $30 m^2$, también puede pronosticarse que la curva que indica la división de los m^2 entre los estudiantes, desde el año 2005 hasta hoy podrá tener una tendencia positiva pero con poca pendiente debido a la gran expectativa que tiene la UIS hoy en día y el deseo de los nuevos estudiantes por disfrutar los nuevos espacios construidos, según este gráfico se esperarí que los estudiantes pudiesen estar separados uno del otro por lo menos 5 metros. También es de reasaltar el hecho de la poca o nula construcción realizada después de las obras del auditorio Luís A. Calvo y que solo hasta la

pasada administración del rector Álvaro Beltrán Pinzón tuvo alivio. Cabe resaltar que los datos fueron tomados solo con las edificaciones y no con los espacios abiertos como los parqueaderos por ejemplo, debido a que estos espacios no son enteramente considerados como zonas de investigación académica.

GESTION DEL CENTRO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

A comienzo de los años noventa, en la escuela de Ingeniería Civil se vislumbraba el hecho de la falta de espacios para el desarrollo de investigaciones para esta escuela, los espacios adquiridos con el tiempo no eran suficientes para desarrollar competencias investigativas en ramas como la hidráulica y las estructuras.

La falta de dichos espacios hizo que la escuela instalara los laboratorios en el patio del edificio de laboratorio de pesados (lugar donde se encuentra actualmente), se instalaron equipos para los laboratorios de hidráulica y posteriormente equipos para estructuras; a mediados de esta misma década se pensaba construir un laboratorio que albergara los equipos necesarios para desarrollar pruebas experimentales en el campo de las estructuras, el entusiasmo del profesor impulsor del proyecto fue tal, que se pronosticó construirlo al costado occidental del edificio de pesados, justo al otro lado de la vía y contiguo al muro de división de la UIS, tal proyecto fue presentado a la oficina de planeación y desafortunadamente fue desaprobado.

En busca de una mejor ubicación para el proyecto y conservando su cercanía al edificio de laboratorio de pesados, se planteó que el espacio debería ser el adyacente al vivero de la escuela de Biología de la UIS, para tal fin, en el mes de julio de 1998 es encargado el estudio de suelos para dicho lote, al mismo tiempo son realizados por la escuela de ingeniería civil, los diseños arquitectónicos y estructurales del edificio. El proyecto es presentado a la oficina de planeación de la UIS y este es postergado debido a falta de fondos para la obra.

El tiempo fue el único testigo de la prorroga del proceso de gestión, y solo hasta los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2005, en los cuales por petición de la escuela de ingeniería civil al rector Álvaro Beltrán Pinzón se concedió una partida especial para los diseños y la construcción de lo que hoy se llama el Centro de Caracterización de Materiales de Construcción; cabe resaltar que la petición de la escuela fue recibida siempre y cuando se olvidara de aquellos diseños propuestos el siglo pasado y se pusieran en marcha unos nuevos. Generalidades