



**INGENIERÍA DE VALOR PARA URBANISMO
EN VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL**

AUTOR: ING. YESID HUMBERTO PINZÓN RIAÑO

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIVIL Y AMBIENTAL
2003**



**INGENIERÍA DE VALOR PARA URBANISMO
EN VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL**

AUTOR: ING. YESID HUMBERTO PINZÓN RIAÑO

**TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR
AL TÍTULO DE MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL**

ASESOR: ING. DIEGO ECHEVERRY CAMPOS Ph.D

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIVIL Y AMBIENTAL**

2003

**A mis Padres por Apoyarme en Todas las Metas
Que me he fijado a lo largo de mi Vida.**

**A mi Hermano Amigo Incondicional de mis Alegrías
Y mis Tristezas en todo Momento.**

**A Dios por darme la oportunidad de Vivir Día a Día
Con Plenitud y Alegría.**

**A mis Docentes, por el Granito de Arena que coloco
Cada uno de Ellos en mi Formación.**

AGRADECIMIENTOS

Ingeniero Diego Echeverry Campos, por su valiosa colaboración y por guiarme por el camino correcto durante el desarrollo de esta investigación.

Ingeniero Bernardo Rodríguez Guzmán, por su colaboración de manera desinteresada en el desarrollo de las alternativas referentes al tema hidráulico.

Ingeniero Fernando Acosta, por su valiosa colaboración en el tema de Redes Eléctricas.

Ingeniero Pedro Renjifo, por su aporte a la hora de identificar alternativas factibles de aplicar en el Urbanismo de la Vivienda de Interés Social.

Ingeniero Luis Fernando Ballesteros, por colaborar de manera amable durante la etapa de recolección de información, y facilitarnos el presupuesto y diseños de la primera etapa de la Ciudadela el Recreo de Metrovivienda.

A mis Compañeros de la Maestría y demás personas que confiaron en mi y me brindaron su amistad cuando la necesite.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	7
TABLA DE CONTENIDO.....	8
LISTA DE ANEXOS.....	10

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Empresas Constructoras Participantes en la Ciudadela el Recreo _____	48
Tabla 2 Inversión de Metrovivienda en el Proyecto _____	49
Tabla 3 Equipamiento Urbano de la Ciudadela el Recreo _____	50
Tabla 4 Precios por M2 Base y Rodaduras Norma T - 1350 _____	61
Tabla 5 Costo por M2 Norma T - 1350 _____	61
Tabla 6 Granulometría y Gradación _____	63
Tabla 7 Valor por M2 Vías sin Carpeta Asfáltica _____	64
Tabla 8 Valores de Pavimentación según el Ancho de Calzada _____	66
Tabla 9 Valores por M2 Bases B 1350 y MDC 1 _____	72
Tabla 10 Valores por M2 Rodaduras B 1350, B 1150 y MDC 2 _____	74
Tabla 11 Valor por M2 Base MDC 1 y Rodadura MDC 2 _____	75
Tabla 12 Valor por M2 Norma T 1350 S.O.P.D _____	76
Tabla 13 Comparativo Norma T 1350 Vs Alternativa MDC _____	76
Tabla 14 Comparativo Costos Redes Eléctricas _____	79
Tabla 15 Costo de Construcción del Tanque Bajo _____	82
Tabla 16 Valor Total de la Alternativa Tanque Bajo y Equipo de Bombeo _____	88
Tabla 17 Costos de los Tanques Altos _____	90
Tabla 18 Comparativo Alternativas de Aguas Lluvias _____	92
Tabla 19 Proporciones de Mezcla para Fabricación de Concretos _____	94
Tabla 20 Tamaño Máximo de los Agregados Anden Gravilla Lavada _____	98
Tabla 21 Proporciones para la Fabricación de Morteros _____	100
Tabla 22 Gradación de la Arena Utilizada _____	100
Tabla 23 Comparativo de las Alternativas de Andenes _____	101
Tabla 24 Comparativo Precios de Sardineles _____	103
Tabla 25 Ahorros Logrados con la Aplicación de la Ingeniería de Valor _____	105
Tabla 26 Gradación de los Agregados Norma T - 1350 _____	115
Tabla 27 Variaciones en la Composición de la Mezcla _____	115
Tabla 28 Gradación del Agregado Grueso _____	116

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Esquema de Trabajo de Metrovivienda _____	45
Ilustración 2 Gráfica del Proyecto Ciudadela el Recreo _____	46
Ilustración 3 Equipamiento Ciudadela el Recreo - Bosa _____	47
Ilustración 4 Diagrama en Planta y Corte del Tanque Bajo _____	82
Ilustración 5 Alternativa Tanques Altos _____	89

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN	11
2. OBJETIVOS	13
2.1 GENERALES	13
2.2 ESPECÍFICOS	13
3. ALCANCE	14
4. MARCO TEÓRICO	16
4.1 VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL (V.I.S)	16
4.1.1 DIAGNÓSTICO DEL DÉFICIT DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD	16
4.1.2 ORÍGENES DEL DÉFICIT ACTUAL DE V.I.S	16
4.1.3 LEGISLATURA	17
4.2 LA INGENIERÍA DE VALOR	19
4.2.1 RESEÑA HISTÓRICA	21
4.2.2 ESTUDIOS EN INGENIERÍA DE VALOR	23
4.2.3 ANÁLISIS DE OFERTAS E INGENIERÍA DEL VALOR	25
4.2.4 LOGRO DE AHORROS POTENCIALES	27
4.2.5 PLAN DE TRABAJO DE INGENIERÍA DE VALOR	28
4.2.6 PLANES DE TRABAJO EN ENTIDADES GUBERNAMENTALES U.S.	33
4.2.7 COSTOS Y SU CICLO DE VIDA	38
4.2.8 INGENIERÍA DE VALOR EN EL SECTOR PRIVADO	40
5. METROVIVIENDA Y CIUDADELA EL RECREO	43
5.1 METROVIVIENDA	43
5.1.1 QUE ES METROVIVIENDA	43
5.1.2 MISIÓN	43
5.1.3 OBJETIVOS	44
5.1.4 COMO TRABAJA METROVIVIENDA	44
5.1.5 ESQUEMA DE TRABAJO	45
5.2 PROYECTO CIUDADELA EL RECREO	46
5.2.1 ÁREA DEL PROYECTO Y NUMERO DE VIVIENDAS	48

5.2.2 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO Y URBANISMO	48
5.2.3 INVERSIÓN DE METROVIVIENDA EN EL PROYECTO	49
5.2.4 CRONÓGRAMA DE ACTIVIDADES DESARROLLADO EN LOS AÑOS 2000/01	50
6. METODOLOGÍA	52
6.1 CREACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO	52
6.2 INDUCCIÓN / ORIENTACIÓN	53
6.3 INFORMACIÓN DEL PROYECTO	53
6.4 FASE CREATIVA	54
6.4.1 ANÁLISIS DE PARETO	54
6.4.2 ANÁLISIS DE FUNCIÓN	55
6.4.3 TORMENTA DE IDEAS (“BRAIN STORM”)	56
6.5 FASE ANALÍTICA	58
6.5.1 ALTERNATIVAS SELECCIONADAS Y RECOMENDACIONES	58
6.6 FASE INVESTIGATIVA	60
6.6.1 PAVIMENTOS	60
6.6.2 REDES ELÉCTRICAS	77
6.6.3 REDES DE ACUEDUCTO	80
6.6.4 AGUAS LLUVIAS	90
6.6.5 ESPACIO PUBLICO	93
7. CONCLUSIONES	104
8. RECOMENDACIONES	107
BIBLIOGRAFÍA	108
REFERENCIAS	110

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1	NORMA T-1350 DE LA S.O.P.D.
ANEXO 2	ANÁLISIS DE PARETO
ANEXO 3	ANÁLISIS DE FUNCION
ANEXO 4	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Desde hace unos años, se ha venido presentando una demanda creciente de Vivienda de Interés Social en nuestra Ciudad, por parte de los estratos 1, 2 y 3 de nuestra sociedad; sin que se encuentre una respuesta satisfactoria por parte de la Administración Distrital y del mismo Gobierno Nacional; Esto sumado al desmesurado crecimiento demográfico que vive Bogotá en la Actualidad.

Todos estos factores han desembocado en un incremento de la urbanización informal, la cual trae consigo una serie de consecuencias negativas para la ciudad como son:

Construcción de soluciones habitacionales sin un mínimo de planeación o que no se ajustan al Plan de Ordenamiento Territorial de la Capital, Déficit en la prestación de los servicios públicos, calidad pésima de las vías de acceso a las urbanizaciones, falta de zonas para el esparcimiento y la recreación de la gente, construcciones en terrenos no aptos para dicho fin, en algunos casos relleno de los humedales de la Sabana de Bogotá que son como los pulmones de la Ciudad, falta de sitios adecuados para la disposición de las basuras y en otros casos se presenta hasta la falta de los títulos de propiedad de las Viviendas que habitan.

Todos estos factores van llevando a un deterioro progresivo en la calidad de vida de nuestra población y hasta el entorpecimiento del desarrollo programado y controlado de la Capital por la Administración del Distrito.

Esto no quiere decir que no se hayan tomado correctivos al respecto por parte del Gobierno. Se han planteado una serie de alternativas a la población capitalina, entre las cuales la más sobresaliente es METROVIVIENDA.

Como plan insignia de la Administración Distrital, busca terrenos aptos para la construcción de Vivienda de Interés Social, para los estratos 1, 2 y 3, y así satisfacer la demanda de vivienda que se presenta.

Este proyecto específico de METROVIVIENDA usa lo que hemos denominado Ingeniería del Valor para la reducción de costos, la cual tiene como ventajas principales el que no exige grandes inversiones económicas, plantea a los integrantes del equipo nuevas alternativas, lo cual abre fronteras para el uso de nuevas tecnologías, que pueden ser aplicadas con éxito en nuestros proyectos, obteniendo como resultado un descenso en nuestros costos y un mejoramiento sustancial en la calidad del proyecto en aspectos como el Urbanismo y la misma construcción de la Obra.

2. OBJETIVOS

2.1 GENERALES

Analizar de manera precisa y crítica el proyecto de la CIUDADELA EL RECREO de METROVIVIENDA, para utilizar en él la Ingeniería del Valor, la cual nos va a llevar a encontrar una serie de alternativas económicas y en tecnología que pueden ser aplicadas en estos proyectos, trayendo consigo de manera directa una reducción en costos significativa. Y por otra parte continuar con el trabajo desarrollado por el Ingeniero Javier Humberto Cristancho Salas en una tesis anterior.

2.2 ESPECÍFICOS

- 📖 Recopilar información del proyecto en mención (planos y especificaciones), para estudiarlos detalladamente.
- 📖 Identificar cuales son los parámetros que más influyen sobre los costos de un proyecto.
- 📖 Buscar mediante la utilización de la Ingeniería del Valor disminuir de manera considerable dichos parámetros que afectan los costos de un proyecto.
- 📖 Buscar alternativas utilizables, en cuanto a urbanismo se refiere, que puedan beneficiar económicamente a los interesados.
- 📖 Observar el comportamiento de la Ingeniería del Valor en nuestros proyectos, y buscar su aplicabilidad en otras áreas de la construcción.

3. ALCANCE

El estudio de la reducción de costos con la utilización de la Ingeniería del Valor es hoy en día de vital importancia, en el momento de tomar la iniciativa de emprender un proyecto, ya que si se logra una reducción significativa en los mismos, esto nos garantiza la ejecución del proyecto con menos fondos, lo que al final se traduce en una disminución de los costos Financieros, permitiendo la recuperación de la inversión en un corto plazo.

La Ingeniería del Valor, no solo es importante desde el momento en que entra en operación un proyecto, también lo es en el caso de que necesitemos viabilizar un proyecto, es decir podemos tener un negocio que nos demande invertir la mayoría de los recursos y se vea comprometida nuestra utilidad. Con el uso de la Ingeniería del Valor podemos liberar fondos de la reducción de costos, con lo cual el porcentaje de utilidad aumenta proporcionalmente.

Estos son tan solo algunos de los beneficios que nos aportará la Ingeniería del Valor, pero con el desarrollo de la tesis observaremos que son muchos más los beneficios que se pueden lograr con esta metodología, aplicada de manera correcta y con el aporte de todos los miembros de nuestro equipo interdisciplinario.

Es de vital importancia conocer en qué etapa del proyecto es más viable aplicar la Ingeniería del Valor, ya que no se obtienen los mismos resultados aplicándola en la etapa de construcción que si la aplicamos en la etapa de factibilidad y diseño, es decir podemos considerar que entre mas avanzado se encuentre el proyecto menores serán los beneficios en costos obtenidos. Lo ideal es aplicarla al final de la etapa de diseño.

El resultado obtenido con la Ingeniería del Valor en materia de reducción de costos es inversamente proporcional al avance del proyecto.

El aporte que se espera dejar con el desarrollo de este trabajo de investigación, es el de encontrar los capítulos y subcapítulos de mayor significancia en el momento de buscar una reducción en costos; por consiguiente es necesario estudiar las alternativas planteadas y caminos propuestos a seguir por parte de las personas directamente involucradas con los proyectos que estudiaremos, el asesor de tesis el Ingeniero Diego Echeverry Campos y por supuesto el autor de la misma.

Todos estos esfuerzos realizados, nos dejarán como resultado una disminución en el costo total del proyecto por medio de la utilización de la Ingeniería del Valor, donde nos veremos en la necesidad de tomar en cuenta aspectos importantes del proyecto como Tamaño, Riesgo y Complejidad, sin dejar de lado el tema de la financiación con entidades del sector financiero.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL (V.I.S)

4.1.1 DIAGNÓSTICO DEL DÉFICIT DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD

La vivienda de interés social (V.I.S) es aquella cuyo valor gira alrededor de los 135 SMMLV y que está destinada a estratos de escasos recursos. En nuestra ciudad la satisfacción a la demanda de este tipo de solución se ha desarrollado en medio de la inexistencia de una política sostenible de promoción de las V.I.S, de los insuficientes esfuerzos de la Administración Distrital al respecto y del acelerado crecimiento de la ciudad¹.

4.1.2 ORÍGENES DEL DÉFICIT ACTUAL DE V.I.S

El déficit de vivienda en Bogotá está calculado en 500.000 unidades para el año 2010, lo cual exige 55.000 nuevas viviendas cada año, sólo para congelar los faltantes presentes¹. Ello obliga que una actividad legal intensa evite que la urbanización pirata entre a satisfacer parte de esta demanda, como estrategia para elevar la calidad de vida de la población afectada. Sin embargo el sector de la construcción no está en condiciones de ofrecer vivienda a un costo posible para esta población.

En Bogotá aproximadamente el 80% de las familias se ubica en los estratos 2 y 3 y vive con un ingreso mensual promedio de \$600.000 pesos, lo cual no les permite adquirir viviendas de más de \$18'000.000 de pesos. Sin embargo, la oferta actual de V.I.S está principalmente entre los \$26'.000.000 y \$32'.000.000 de pesos.

¹ Metrovivienda 2002.

Satisfacer esta necesidad requiere una actividad urbanizadora legal que asegure realmente la calidad de vida de los Bogotanos presentes y futuros. El déficit actual se concentra en los estratos 2 y 3, a los que el mercado sólo atiende con intervención oficial.

4.1.3 LEGISLATURA

Estas son las Leyes y Decretos relacionados con el tema de la Vivienda de Interés Social².

LEY 388 DE 1997: De Ordenamiento Territorial

DECRETO 824 DE 1999: Sobre el Subsidio Familiar de Vivienda.

DECRETO 1538 DE 1999 - Modificaciones al Subsidio Familiar de Vivienda

LEY 3 DE 1991: Subsidio Familiar de Vivienda

LEY 546 DE 1999: Normas en materia de vivienda

DECRETO 146 DE 2000

La V.I.S es un sector importante en la generación de empleo y la reactivación económica y por ser la vivienda un bien social de alta repercusión en la calidad de vida, he ahí la prioridad de la Administración Distrital por reactivar el sector de la construcción con vivienda de interés social que es la única que esta en actividad en la actualidad.

La población objetivo de la V.I.S son las familias con ingresos entre 1 y 4 SMMLV, que representan el 80% de los hogares de la ciudad (1'218.827 familias) y tienen un déficit acumulado para el 2.000 de 455.603 viviendas².

También en años recientes han sucedido cosas importantes como fue el caso de Ciudad Salitre, que demostró que se puede hacer ciudad y negocio inmobiliario al

² Metrovivienda 2002.

mismo tiempo. También permitió reorientar el crecimiento de Bogotá hacia el occidente, construyéndose un eje urbano entre el aeropuerto y el Centro Internacional, donde conviven empleo, servicios y vivienda y se localizan los principales equipamientos metropolitanos, todo lo cual facilita la integración de la ciudad norte con la del sur.

Ahora se piensa aprovechar las experiencias derivadas de este proyecto para aplicarlas a la construcción de un modelo de desarrollo urbano destinado a la vivienda de Interés Social tal y como se hizo hace casi 40 años en Ciudad Kennedy. Procurando encontrar alternativas de urbanización que corrijan los errores garrafales de Ciudad Bolívar, donde se treparon barrios a lugares inaccesibles y carentes de servicios o de costos muy altos de urbanización, con pocas posibilidades de integrarse efectivamente a la ciudad.

Lo anterior, unido a las oportunidades que representa Bogotá en razón de su dinámica económica, a ser una ciudad compacta y a tener disponibilidad de tierras suficientes para poder lograr una estructura más equitativa, equilibrada y funcional, es lo que permite ser optimistas hacia el futuro.

Si se acepta que el patrón socioeconómico de los demandantes de vivienda es similar al observado para la ciudad en general, puede concluirse que el 85% de la oferta debería corresponder al tipo V.I.S. Sobre la base de 55.000 nuevos hogares al año, se desprende que para congelar los déficit cuantitativo y cualitativo, la ciudad debe construir de manera legal cerca de 47.000 unidades de V.I.S al año, distribuidas en una gama de precios que le permita el acceso a familias de estratos 1, 2 y 3.

El reto para la ciudad es aumentar la producción de V.I.S en 36.000 unidades anuales, pasando de 11.000 a 47.000, y lograr que cerca de la mitad de ellas sean accesibles a hogares con ingresos inferiores a los 3 salarios mínimos.

Entonces la ciudad debe ser consciente del principal cuello de botella para el sector formal de la construcción: la poca disponibilidad de tierras con acceso a los servicios. De este modo, las acciones se deben encaminar a una estrategia pública en favor de los grupos de menores ingresos que habilite nuevos terrenos con redes de servicios públicos. Esta acción tiene una importancia adicional: además de crear el espacio para la actuación de los urbanizadores formales, la ampliación de la oferta reduce el precio y los fenómenos especulativos que se nutren de la escasez.

En resumen, el sistema de banco de tierras unido a otros apoyos gubernamentales del nivel Distrital y nacional, hará que las familias pobres sólo requieran de entre \$9 y \$11 millones (sumando cuota inicial y crédito) para acceder a una vivienda de \$15 millones (75 smml), pero que puede tener un valor en el mercado superior a los \$20 millones (100 smml). Es decir, habrá un subsidio implícito en el precio del orden de los \$5 millones. Por esto es importante limitar que cada familia solo pueda tener acceso a una V.I.P.

4.2 LA INGENIERÍA DE VALOR

La Ingeniería de Valor es un nuevo método de análisis que permite ahorrar dinero sin afectar la calidad de la obra.

La ingeniería de valor promete revolucionar las obras de construcción. Se trata de una técnica de análisis que relaciona los costos de obra y la calidad obteniendo el mejor resultado por cada peso invertido. Con este método se evita el recorte de presupuestos que se hace bajando la calidad de los materiales.

Un buen análisis de valor puede dar resultados contradictorios a primera vista, en algunos casos, la ingeniería de valor puede dictaminar que es mejor gastar más en un principio para ahorrar después. Como ejemplo se puede recurrir al caso de un

pasamanos de escalera. Los proyectistas lo diseñaron de hierro al carbono, con dos manos de antióxido y dos de esmalte. Pero existen mas alternativas: hacerlo de hierro pintado con epoxi o hacerlo de acero inoxidable. ¿Cuál conviene? Si es por una cuestión de costos, la primera opción es la correcta; pero evaluando los costos de mantenimiento, vida útil y operación, tal vez convenga hacer la baranda de acero inoxidable.

Este sencillo ejemplo nos dice que si se utilizan los criterios de ingeniería de valor de manera correcta y critica se pueden obtener resultados sorprendentes, a largo plazo, así la inversión inicial sea alta. Es decir el análisis de valor permitió verificar que las ventajas eran mayores que las pérdidas.

Aunque parezca una simple cuestión de sentido común y experiencia, la ingeniería de valor es un método preciso con normas de procedimientos y sistemas de aplicación que ya tiene mas de cuarenta años de existencia en los Estados Unidos³.

Sus defensores vaticinan que pronto llegará a todas partes y afirman que con este método se pueden mejorar los costos de una obra de un 7 a un 15 por ciento y lo más importante es que al implementar la Ingeniería de Valor en una obra civil, su precio no supera el 1 por ciento de la obra.

La Ingeniería De Valor utiliza una metodología dentro de la cual existen diferentes fases, que son:

- ◆ Fase de Gestión del Equipo de Trabajo.
- ◆ Fase de Información.
- ◆ Fase Creativa.
- ◆ Fase Analítica.
- ◆ Fase Investigativa.
- ◆ Fase de Recomendaciones.

4.2.1 RESEÑA HISTÓRICA

La Ingeniería de valor surge durante la segunda guerra mundial³ cuando por la escasez de recursos críticos, se hizo necesario un cambio en métodos, materiales y diseños tradicionales; muchos de estos cambios se vieron reflejados en un desempeño superior a un bajo costo.

Después de la guerra, la compañía General Electric, lidera el desarrollo e implementación de un programa organizado de análisis de valor para la industria, el cual buscaba generar desarrollos tecnológicos e industriales de significancia; esta técnica fue adoptada posteriormente por muchas otras compañías y agencias gubernamentales.

Esta técnica fundamentalmente perseguía un objetivo que era el hacer rendir el dólar lo máximo posible, con la sustitución de componentes no vitales, con unos más baratos, pero a la vez mejorando la calidad del producto o por lo menos conservándola.

En 1962, la Ingeniería de valor atiende a unos requerimientos de ARMED SERVICES PROCUREMENT REGULATIONS (ASPR). Estos cambios en ASPR introducían la Ingeniería de valor en dos de las más grandes agencias de construcción en el país, El U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS y la U.S. NAVY BUREAU OF YARDS AND DOCKS. Durante los años sesenta y setenta, muchas otras agencias del gobierno y sus jurisdicciones adoptaron la Ingeniería de valor, incluido el BUREAU OF RECLAMATION, la NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA), el DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, y el PUBLIC BUILDINGS SERVICE OF THE GSA.

³ Año 1941 cuando EE.UU participa y comienzan las presiones económicas para abastecerse ellos mismos y sus aliados. Echeverry 2002.

El crecimiento de las aplicaciones en construcción de la Ingeniería de valor, en el sector público, estuvo hasta aquí promovido bajo una legislación y una regulación. Sin embargo, hay pequeñas señales que indican un crecimiento igualmente impresionante en el sector privado.

Únicamente la mitad de la industria de la construcción (diseñadores y contratistas) adoptó la Ingeniería del valor en los Estados Unidos y únicamente cerca del 1% por ciento esta activamente y exitosamente aplicando estas técnicas en la actualidad. Esta aproximación es en verdad útil, para determinar cuán exitoso puede resultar la adopción de la Ingeniería de valor en nuestras manos a largo plazo.

Es decir bien aplicada la Ingeniería de valor podemos hacer sustituciones eficientes, sin sacrificio de calidad y reduciendo costos, que al fin de cuentas es lo más importante. El concepto de VALOR, que es algo que hay que dejar muy en claro dentro de la aplicación de la Ingeniería de valor, se puede expresar en función de dos (2) componentes: $\text{valor} = f(\text{costo y calidad})$; Es decir con una calidad que como mínimo debe permanecer constante, pero que en lo posible debo procurar mejorarla, reduzco el costo y entonces aumenta mi valor.

Esto se puede manejar como un condicional, como se conoce a esta ecuación en lenguaje de programación, así:

SI → Aumento Calidad **Y** Reduzco el Costo ⇔ **ENTONCES** Aumento Valor.

Esto lógicamente, lo estamos manejando como un análisis ortogonal, lo cual significa que no estamos involucrando el tiempo de manera directa, pero que indirectamente nos está indicando que a menor tiempo que empleemos en este proceso de implementación Ingeniería de valor, mayor será nuestro valor intrínseco.

Durante la década de los ochenta, se incrementó el uso del término análisis de Constructibilidad, en el sector privado y en algunas universidades. Análisis de Constructibilidad es similar a la Ingeniería de valor en algunos aspectos. Algunos usaron el término para connotar la revisión de planes y especificaciones desde el punto de vista del constructor, en el cual se podían incluir oportunidades de prefabricación, preensamblaje, modularización, métodos especiales de construcción y otras consideraciones dirigidas a disminuir el costo o mejorar el cumplimiento de la programación.

Otros usan el término para incluir el diseño y el análisis de construcción en una manera tradicional de Ingeniería de valor, pero omitiendo la rígida certificación que esta supone, por estar reglamentada por la SOCIETY OF AMERICAN VALUE ENGINEERS⁴.

Pero en el análisis que nosotros pretendemos hacer, consideraremos Ingeniería de Valor, Análisis de Valor y Análisis de Constructibilidad, como sinónimos. Bajo uno de estos nombres, esta técnica representa una aproximación creativa y organizada, cuyo objetivo es optimizar el costo y/o desempeño de una construcción fácil o compleja.

4.2.2 ESTUDIOS EN INGENIERÍA DE VALOR

Los estudios en Ingeniería de Valor ayudan a determinar la más económica aproximación del diseño detallado. Para obtener el mejor resultado, la Ingeniería de valor involucra un grupo interdisciplinario donde el profesional en gerencia de construcción, diseña y supervisa todo el trabajo. "Su aplicación ayuda a conocer el costo de la construcción durante el diseño y considera las alternativas propuestas por el equipo, seleccionando las más factibles de aplicar, obteniendo un gran beneficio propio"⁴.

⁴ Professional Construction Management.

La función de Gerente de Proyectos durante el desarrollo de la ingeniería de valor, es estimular el análisis creativo durante todas las fases del proyecto, pero especialmente en la planeación y diseño, que son consideradas fases decisivas dentro de un proyecto de construcción.

En las fases iniciales del proyecto, el gerente y el diseñador pueden explorar conceptos básicos y sacar un listado de posibles alternativas de solución. Pero si el gerente de construcción cuenta con un registro histórico de datos de costo debidamente tabulados, la comparación de alternativas y la estimación de costos puede ser preparada rápida y económicamente.

Es necesario tener en cuenta que se deben realizar sugerencias para disminución de costos (sin afectar la calidad del proyecto), sobre los ítems de costo que más influyen sobre el valor total del proyecto, ya que si nuestras recomendaciones van encaminadas sobre los ítems de menor influencia, estaremos preservando el valor original de la obra y no mejoraremos en nada su valor intrínseco.

En la fase de diseño detallado existen oportunidades similares, que están disponibles para ser analizadas. Una buena organización por parte del gerente de proyectos permite interactuar con el arquitecto para actualizar el listado de alternativas, donde sobre las especificaciones arquitectónicas, se listan numerosas alternativas en materiales y métodos; sin embargo es bueno tener en cuenta que previamente se debe realizar una comparación de costos entre las diferentes opciones.

Como cada nuevo proyecto, requiere un análisis de ingeniería de valor diferente, es vital la actualización del registro histórico. Luego el gerente puede revisar el propósito de cada ítem y mirar las alternativas más promisorias, recosteando las alternativas de un área individual del proyecto. Esta opción de orientar los costos de

la construcción hacia una meta de presupuesto, trae grandes beneficios en el diseño, porque las recomendaciones que surgen del trabajo de ingeniería de valor, comúnmente son aceptadas por el diseñador, teniendo ventajas de costo en nuestro propio beneficio.

Luego en la fase de consecución de recursos, dentro de unos límites ya fijados durante la fase de diseño, se realiza la cotización de las alternativas a aplicar durante la fase de construcción bajo un sistema de oferta o licitación. Es acá donde se observa si con cada una de las alternativas se obtiene un significativo ahorro, o se realiza un esfuerzo injustificado. Es por esta razón que las cotizaciones se deben recibir con anticipación, para tener un tiempo razonable de estudio de costos y ahorro obtenido con cada una de las opciones a estudiar.

Una valoración importante a la hora de conseguir recursos, con la metodología de la ingeniería de valor, consiste en valorar el ahorro, mediante la cotización directa con los diferentes contratistas; adicionalmente cuando se cotiza, el contratista está en la obligación de proponer alternativas adicionales para estudiar y tener en consideración.

El uso de los registros históricos, puede estar disponible en manos del gerente, el arquitecto o el constructor y proponer su uso en proyectos similares futuros en donde se puedan aplicar los mismos criterios de valoración de alternativas.

4.2.3 ANÁLISIS DE OFERTAS E INGENIERÍA DEL VALOR

Una vez que todas las propuestas han sido recibidas, el gerente de proyectos primero prepara una hoja electrónica, donde tabula todas las cotizaciones y cuantifica los factores pertinentes de calificación, omisión, precios unitarios y tiempos de ejecución.

Cuando la generación de alternativas no se desarrolla de manera satisfactoria, las alternativas propuestas por los oferentes son una excelente oportunidad de aplicar la ingeniería de valor.

Un método de asegurar que las ofertas presentadas se evalúen de manera correcta, se puede aplicar los siguientes lineamientos:

- Cuando un oferente no está dentro de los límites de las demás ofertas, se puede juzgar de manera especial su oferta, revisando que cumpla con las especificaciones requeridas, para ver que diferencias puede tener con las demás. De ser así se le puede pedir una nueva cotización que se ajuste a las especificaciones solicitadas, sin que él incluya nuevos componentes que en su criterio pueden faltar en nuestros requerimientos. Todo esto lógicamente siempre y cuando se cuente con tiempo para esperar la llegada de la nueva cotización.
- Cuando bajo similares condiciones, un oferente presenta una alternativa que representa un ahorro monetario considerable, pero no se ciñe de manera fiel a las especificaciones pedidas y se considera que la sustitución es aceptable por la magnitud del ahorro; todos los demás oferentes pueden pedir la oportunidad de cotizar bajo la nueva posibilidad, para ser juzgados en igualdad de condiciones.
- Cuando una alternativa tiene un costo elevado y bajo ninguna sustitución es posible disminuir su costo, se puede aceptar un cambio de diseño o modificación, siempre y cuando se considere que la alternativa es lo suficientemente importante dentro del proyecto, que merece el cambio.

En todos estos procedimientos, el gerente de proyectos puede aplicar imparcialidad y buen juicio a la hora de evaluar las alternativas, aplicando siempre un criterio ético

y estando consciente que se inclino por determinada opción siguiendo unos lineamientos claros y justificables ante los demás integrantes del equipo de trabajo.

4.2.4 LOGRO DE AHORROS POTENCIALES

Uno de los iniciadores del estudio de la Ingeniería de Valor fue Lawrence Miles, el cual en su libro Técnicas de Análisis de Valor e Ingeniería incluye la siguiente definición: “El Análisis de Valor / Ingeniería de Valor es un organizado y creativo acercamiento el cual tiene como propósito la efectiva identificación ítems de costos innecesarios, los cuales no proveen ni calidad, ni uso, ni una vida útil de consideración, ni apariencia, ni satisfacción para el consumidor”⁵

En 1974 el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos estimó que el total acumulado de ahorros, logrados a través de la Ingeniería de valor ascendió a los US \$ 234 millones de dólares. El Servicio de Edificios Públicos indicó que el programa de Ingeniería de valor generó ahorros de US \$ 4.53 por cada dólar gastado, para un total de ahorro de la GSA de \$ 1.8 millones durante 1973. Durante el año fiscal de 1970, el Departamento de Defensa estimó ahorros por valor de \$ 4.40 dólares, por cada dólar invertido en el programa. Y estos son tan solo algunos ejemplos de los ahorros que han alcanzado algunas entidades gubernamentales en los Estados Unidos, mediante la implementación de la Ingeniería de Valor en sus estimativos de costos.

Mediante la experimentación en la implementación de Ingeniería de Valor, se han logrado establecer unos rangos de ahorro que se pueden lograr en diferentes áreas de aplicación⁶, así:

En Presupuestos Totales	1 al 3 %
En Proyectos Extensos	5 al 10 %
En Áreas de Alto Costo	15 al 25 %

⁵ Techniques of Value Analysis and Engineering.

⁶ Value Engineering in the Construction Industry.

La realización de estos ahorros potenciales, requiere de un sistemático e innovador acercamiento al área de aplicación de la Ingeniería de Valor. Generalmente es necesario aplicar técnicas, que incluyen un plan de trabajo de Ingeniería de Valor, el cual puede tener las siguientes fases:

- Desarrollo de la Información y sus requerimientos.
- Especulación de Alternativas.
- Análisis y Evaluación de Alternativas.
- Desarrollo del Programa.
- Proceder con el Propósito, Presentación, y lograr Venderlo.

Este plan puede ser implementado sobre todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción, y tendrá ahorros potenciales relacionados al tiempo y el costo, los cuales dependerán de la fase de desarrollo del proyecto, es decir:

- Concepción.
- Desarrollo.
- Diseño Detallado.
- Construcción.
- Puesta en Marcha y Operación.

4.2.5 PLAN DE TRABAJO DE INGENIERÍA DE VALOR

El plan de trabajo, comúnmente esta diseñado para desarrollarse en cuatro fases, que a saber son las siguientes:

- Información: Conseguir Datos.
- Especulativa: Tormenta de Ideas.
- Analítica: Investigación y Evaluación.
- Propuestas o Recomendaciones: Resultados.

A su vez cada fase tiene sus sub divisiones, las cuales se procederán a explicar de la siguiente manera:

Fase Informativa

Esta fase incluye estos propósitos:

1. Recoger y tabular datos concernientes a los ítems presentados en el diseño.
2. Determinar la función de cada ítem.
3. Evaluar sus funciones básicas.

Durante la recolección de la información, surgen varias preguntas como por ejemplo:

- a) ¿Cuál es el Ítem?
- b) ¿Que hace?
- c) ¿Cuál es el costo en función de este?
- d) ¿Que es el costo?
- e) ¿Cuales son los requerimientos necesarios?
- f) ¿Que es la relación Costo / Precio?
- g) ¿Que Alto costo o áreas de bajo valor están indicadas?

Y en realidad es muy fácil, ¿Qué Hace?, Puede ser respondido en tan solo dos palabras (un verbo y un nombre) para cada función: por ejemplo, una pipa de agua **transporta agua**. Esta definición puede requerir un análisis más cuidadoso. Para ilustrarlo mejor, veamos otro ejemplo, una puerta puede proveer acceso, pero acceso a donde?, Puede ser a un cuarto, a una bodega, etc. Es decir hay que limitar el acceso; si es a una bodega esta puerta proveerá seguridad, ayudara a controlar trafico, evitara la visibilidad desde el exterior y ayudara a contener el frío o adversidades del clima en el exterior.

Un esfuerzo considerable, ingenuidad e investigación son requeridos para responder estas preguntas. El grupo de Ingeniería de valor puede determinar que criterios y obligaciones existen en el tiempo del diseño original y si pueden ser aplicados al tiempo presente. Otras preguntas importantes que surgen durante el desarrollo de esta fase son:

- h) ¿Por cuanto tiempo este diseño puede ser utilizado?
- i) ¿Que alternativas sistemáticas, materiales o métodos fueron considerados durante el concepto original?
- j) ¿Que problemas especiales son únicos de este sistema
- k) ¿Cuál es el uso total o repetitivo de este diseño cada año?

Tormenta de Ideas

El propósito de esta fase es generar numerosas alternativas para proveer los ítems del análisis de función. Por definición, una sesión de tormenta de ideas (también llamadas sesiones Brain Storm) es como una conferencia donde se resuelven problemas y donde cada participante es estimulado a pensar por otros en el grupo.

El equipo puede estar conformado por cuatro o seis personas de diferentes disciplinas (Diseñadores, Estimadores de Costos, Constructores, Interventores, etc.), los cuales se sientan al rededor de una mesa y espontáneamente generan ideas. La idea es fomentar el mayor numero de ideas y no esta dentro de los planes criticar a ninguno de los miembros del equipo y mucho menos ninguna de sus ideas; por que muchas veces por muy descabellada que parezca una idea, esta genera una alternativa que de otra forma no habría sido considerada.

La técnica de Gordon⁷ se ha utilizado de manera exitosa. Con esta técnica, únicamente el líder del grupo conoce la naturaleza exacta del problema y es el quien hace preguntas para generar ideas. Con esta técnica se estimula el libre pensamiento y la fluidez de la tormenta de ideas.

Fase Analítica

Los propósitos de esta fase son:

- Evaluar, criticar y realizar el test de alternativas propuestas o generadas durante la fase de especulación.
- Estimar el valor en pesos de cada alternativa.
- Determinar que alternativas pueden ofrecer un gran potencial para disminuir costos.

Durante esta fase, también se dan a conocer los resultados de la fase de investigación y evaluación, para que el grupo examine las alternativas generadas durante la tormenta de ideas e intente desarrollar unas soluciones con un bajo costo.

Las principales tareas son:

- Evaluar.
- Filtrar y Perfeccionar la información.
- Realizar el Análisis de Costos.
- Sacar un listado de las posibles alternativas, en orden descendente según su nivel de ahorro, esto se logra mediante la ley de Pareto, la cual nos dice que “ El 80 % del costo de un proyecto, esta dado por el 20 % de los componentes del presupuesto “. Esto se hace porque contamos con recursos limitados y por tal

⁷ William J. J. Gordon.

motivo los debemos enfocar a esas pequeñas componentes del costo (20% Candidatizar Componentes).

Es importante tener en cuenta que el costo puede tener componentes económicos, morales, estéticos, sociales, políticos, religiosos y judiciales de valor. Este es un precepto de valoración de los miembros de equipo de Ingeniería de Valor. “Un índice de valor es un precio dividido por el costo, o utilidad dividida por el costo”⁸. Esta consideración puede ser muy benéfica durante esta fase.

La ruta a seguir con cada una de las ideas es la siguiente:

1. Eliminar las ideas que no cumplen con unas condiciones ambientales y de operación.
2. Dejar de lado, para una futura discusión, ideas con potencial, pero para un futuro por no contar en el momento con la capacidad y tecnología que requieren para ser desarrolladas.
3. Ideas que permanecen por su análisis de costos.
4. Listado de ideas que aporten ahorros significativos, incluyendo sus potenciales ventajas y desventajas.
5. Seleccionar las ideas donde las ventajas tengan mayor peso que las desventajas y ofrezcan ahorros en costo.
6. Finalmente, considerar el peso que tiene cada una de estas alternativas en la reducción de costos, en cuanto a estética, durabilidad y satisfacción del consumidor, en orden para producir una lista completa.

Fase de Recomendaciones

También llamada fase de planeación y reporte del programa, esta es la parte final del plan. Esta fase viene acompañada de tres ideas:

⁸ James J. O'Brien.

1. Una revisión a todas las alternativas de solución, debe ser preparada para asegurar un alto valor en cada una de ellas y que los ahorros de significancia sean realmente los ofrecidos.
2. Una recomendación verbal puede ser hecha por el gerente del proyecto.
3. El grupo debe presentar un plan para implementar las propuestas. Si las propuestas no convencer al gerente del proyecto inmediatamente, los resultados no se verán reflejados en ahorro.

4.2.6 PLANES DE TRABAJO EN ENTIDADES GUBERNAMENTALES U.S.

Una diferente perspectiva en este proceso de Ingeniería de Valor puede ser considerada, si tomamos su aplicación en entidades gubernamentales de los Estados Unidos; la cual difiere de la tradicional en que involucra cinco fases en lugar de cuatro, las cuales son:

- ◆ Fase de Información.
- ◆ Fase de Especulación.
- ◆ Fase de Análisis.
- ◆ Fase de Desarrollo.
- ◆ Fase de Presentación.

Como podemos ver se elimina la fase de recomendaciones o propuestas y se reemplaza por dos nuevas fases que son la de desarrollo y la de presentación. A continuación se explicará el objetivo y contenido de cada una de estas dos nuevas fases, que más que nuevas son una desagregación de la fase de recomendaciones.

Fase de Desarrollo

Los propósitos de esta fase son:

1. Evaluar la factibilidad técnica de cada alternativa sobreviviente de la fase anterior.
2. Obtener en firme la información concerniente a cada alternativa sobreviviente de la fase anterior.
3. Desarrollar las recomendaciones por escrito.

Fase de Presentación

Los propósitos de esta fase son:

1. Presentar un reporte del estudio de Ingeniería de Valor.
2. Presentar un reporte de las decisiones tomadas.
3. Asegurar que las recomendaciones del reporte sean implementadas.

En 1968 el Departamento de Defensa (DOD) de los Estados Unidos realizó dos cambios en esta lista. Primero, incluyó una nueva fase denominada de Orientación, la cual fue adicionada en la parte alta de la lista.

Fase de Orientación

La fase de orientación tiene tres propósitos básicos:

1. Selección de áreas apropiadas para ser estudiadas. (Análisis de Pareto).
2. Selección de un equipo apropiado de trabajo, para acompañar el estudio.
3. Determinación de las políticas necesarias para asistir en el acompañamiento de estas determinaciones.

La segunda modificación se centró en la última fase propuesta, la fase de Presentación, la cual fue expandida para incluir un análisis de investigación futura o posteriores. Por consiguiente esta fase pasó a llamarse Fase de Presentación e Investigación Futura. Posteriormente esta fase se dividió y entre ellas surgió la fase

de Implementación. Luego la organización de las fases queda de la siguiente manera:

- ◆ Fase de Orientación.
- ◆ Fase de Información.
- ◆ Fase de Especulación.
- ◆ Fase de Análisis.
- ◆ Fase de Desarrollo.
- ◆ Fase de Presentación.
- ◆ Fase de Implementación.
- ◆ Fase de Investigaciones Posteriores.

Si bien estos planes enfatizan varios aspectos del proceso, ellos son básicamente similares en alcance y secuencia. Con un conocimiento de cada una de las fases, sus propósitos y las ideas que surgen de cada fase, uno puede seleccionar un plan de trabajo que mejor se adapte a las necesidades del proyecto o si es necesario se puede crear uno nuevo.

A manera de cuadro podemos apreciar mejor las fases más importantes de un plan de trabajo en estado de desarrollo:

I. **Fase de Orientación.**

A. PROCEDIMIENTO

1. Presentar ideas para el proyecto.
2. Evaluar el potencial de:
 - a) Retorno de la inversión.
 - b) Tiempo para implementar resultados.
3. Seleccionar los proyectos a planear.
4. Plan del proyecto específico:
 - a) Seleccionar el equipo de trabajo.
 - b) Localizar recursos.
 - c) Fijar metas.
 - d) Identificar antecedentes o precedentes.
5. Reconfirmar el potencial del proyecto.
6. Establecer prioridades.

7. Aprobar el inicio del proyecto.

II. Fase de Información.

A. PREGUNTAS

1. ¿Que es?
2. ¿Que hace?
3. ¿Cuál es el deber de?
4. ¿Cuál es su costo?
5. ¿Cuál su valor?

B. PROCEDIMIENTO

1. Tener buenas relaciones humanas.
2. Conseguir todos los datos.
3. Conseguir información sobre los mejores recursos.
4. Obtener la información completa.
5. Evaluación de desempeño funcional.
 - a) Definir funciones.
 - b) Determinar costos.
 - c) Determinar su valor.
6. Ingresar los valores al computador.

III. Fase de Especulación.

A. PREGUNTAS

1. ¿De que otra forma puedo realizar el trabajo?

B. TÉCNICAS

1. Refinamiento de la explosión de ideas.
2. Comparación funcional.
3. Simple comparación.
4. Búsqueda científica.

C. PROCEDIMIENTO

1. Mesa redonda.
2. Intentarlo todo:
 - a) Simplificar al máximo.
 - b) Modificar y refinar.
 - c) Eliminar.

IV. Fase de Análisis.

A. PREGUNTAS

1. ¿Que representa cada costo?
2. ¿Cual es el desempeño de cada función básica?

B. TÉCNICAS

1. Evaluar por:
 - a) Comparación.
 - b) Ventajas y Desventajas.
 - c) Ranqueo.

- d) Listas de chequeo.
 - e) Probabilidad.
 - f) Acercamiento creativo.
- C. PROCEDIMIENTO
- 1. Establecer criterios.
 - 2. Evaluar ideas:
 - a) Colocar un costo a cada idea (Cuantificar).
 - b) Usar el servicio de expertos.
 - c) Usar nuestro propio juicio.
 - d) Refinar o filtrar ideas.
- V. **Fase de Desarrollo.**
- A. PREGUNTAS
- 1. ¿Quiere este trabajo?
 - 2. ¿Reúne todos los requerimientos?
 - 3. ¿Quién lo aprobó?
 - 4. ¿Cuales son los problemas de implementación?
 - 5. ¿Cuál es su costo?
 - 6. ¿Cuales son los Ahorros?
- B. PROCEDIMIENTO
- 1. Tener buenas relaciones humanas.
 - 2. Recolectar datos convincentes.
 - 3. Trabajar en cosas específicas, no generalidades.
 - 4. Traducir datos en acciones significantes.
 - 5. Seleccionar la primera opción y tener listas alternativas.
- VI. **Fase de Presentación.**
- A. PROCEDIMIENTO
- 1. Realizar presentaciones.
 - a) Propuestas escritas.
 - b) Orales, escritas e ilustraciones (breves y pertinentes).
 - 2. Presentar problemas.
 - 3. Explicar el antes y el después.
 - 4. Explicar ventajas y desventajas.
 - 5. Presentar los datos rápidamente, concisa y convincentemente.
 - 6. Presentar el plan de implementación.
 - 7. Reconocimiento de las personas que contribuyeron.
 - 8. Solicitar aprobación.
- VII. **Fase de Implementación.**
- A. PROCEDIMIENTO
- 1. Ubicar fondos necesarios para dicho fin.
 - 2. Trasladar ideas en acciones.
 - 3. Prevenir la asociación de idea con compromiso.

4. Facilitar:
 - a) Uso del equipo de Ingeniería de Valor.
 - b) Resolución de problemas.
 - c) Vencer las dificultades en el camino.
5. Monitorear progresos:
 - a) Fijar plazos de vencimiento.
 - b) Designar responsabilidades.

VIII. Fase de Investigaciones Posteriores.

A. PROCEDIMIENTO

1. Revisar resultados actuales.
2. Preparar reportes:
 - a) Ahorro de costos.
 - b) Cruces técnicos de información.
3. Evaluar la conducta del proyecto.
4. Iniciar nuevas ideas para el proyecto.
5. Tomar decisiones.

4.2.7 COSTOS Y SU CICLO DE VIDA

Precisar la dimensión de los costos es uno de los más importantes requerimientos para desarrollar un exitoso programa de Ingeniería de valor. Muchos de los costos estimados, usados en la industria de la construcción se negocian con costos de capital o costos financieros por parte del contratista que es el que en últimas utiliza estas facilidades.

Sin embargo la vida de un edificio se puede extender de los 20 a los 50 años, o más y durante este periodo el costo de mantenimiento y servicios, el cual incluye gasolina, planta eléctrica, gas natural, etc., puede igualar o exceder el costo del capital. Un análisis de valor desde nuestro punto de vista siempre se centra en nuestra inversión actual y no analizamos que en el futuro la operación y el mantenimiento pueden ser el máximo valor que puedo encontrar para mi análisis de Ingeniería de valor; y es sobre el cual ejerzo el mínimo esfuerzo, control e investigación.

En el análisis final, nosotros intentamos encontrar cuanto capital debemos desembolsar hoy para garantizar el futuro costo beneficio sobre la vida útil de la construcción. Sin embargo, en nuestro esfuerzo debemos estimar el costo futuro de estos eventos; luego nuestro estimativo de costos para el ciclo de vida resulta menos puntual cuando lo comparamos con el capital o los costos de construcción estimados.

Por ejemplo, consideremos algunos de los ítems que son importantes en el análisis de costos futuros (ciclo de vida) para un proyecto:

- Costos de Operación y Mantenimiento.
- Costos de Energía y Utilización.
- Valor del Dinero.
- Costos de Seguros.
- Anticipar futuros crecimientos en los impuestos.
- Planear futuras expansiones o ampliaciones.

Los beneficios laborales, como las prestaciones sociales, dificultan el análisis, abarcando la estética, durabilidad y toda la futura imagen. Otros factores que afectan la productividad son los costos de administración y mantenimiento de personal.

Las tendencias presentes y futuras nos indican un crecimiento en las tasas de propiedad, tasas de impuestos y en los créditos; los costos de localización y operación en una comunidad creciente, con competencia entre colegas y otros factores son importantes de considerar a la hora de realizar el análisis de Ingeniería de Valor.

Cada uno de estos ítems incluye múltiples alternativas, incertidumbre en sus costos futuros, incertidumbre en efectos y eventos futuros. Para ayudar a resolver de

manera general todos estos problemas, tenemos un numero de herramientas especializadas disponibles; las siguientes son algunas de las más importantes:

- Análisis de Valor Presente.
- Análisis de Sensibilidad.
- Análisis Break Even.
- Flujo de Caja Descontado.
- Análisis de Tasa de Retorno.

Todas estas son herramientas útiles y económicas para Ingeniería de Valor.

4.2.8 INGENIERÍA DE VALOR EN EL SECTOR PRIVADO

Hasta el momento hemos visto la Ingeniería de valor desde el punto de vista de las entidades gubernamentales de los Estados Unidos, las cuales tienen variados planes de trabajo, pero todas enfatizan en el ciclo de vida de los costos. Ahora consideremos algunos de los problemas o escollos de los acercamientos tradicionales en diseños no gubernamentales y programas de construcción⁹.

La mayoría de las compañías diseñadoras en construcción involucran grandes proyectos industriales que tienen su razón de ser en el gran valor del dólar en trabajos de construcción por cada firma independiente en los últimos años. Esta es una de las razones por la cual las firmas de Ingeniería promueven el uso de la Ingeniería de valor, ya que les ofrece un considerable potencial de ahorro y beneficios para sus clientes; y además pueden controlar las operaciones de diseño y construcción.

⁹ Professional Construction Management.
YESID HUMBERTO PINZÓN RIAÑO

No obstante, la Ingeniería de valor aun no es adoptada y organizada dentro de todas las demás firmas de construcción en el sector privado, lo cual obedece en gran parte a las siguientes razones:

- Creer que su implementación es costosa.
- No se puede desarrollar de manera individual, se requiere un equipo interdisciplinario de trabajo, lo cual eleva los costos.
- El 15 % ahorrado con la implementación de la Ingeniería de valor no es suficiente para cubrir los gastos del equipo de trabajo en proyecto de pequeña y mediana envergadura.

En la actualidad la rapidez en los cambios económicos, relegó a un segundo plano las viejas reglas de calculo de costos de un proyecto, ya que no es necesario con calcular un presupuesto y se terminó, también hay que ofrecer alternativas de economía y diseño, que permitan al cliente escoger y optar por la solución que más le convenga desde el punto de vista estético y económico.

Además no se conoce un método certero para calcular el valor de los materiales, la colocación en obra, valor de la mano de obra, etc., de manera fidedigna; tan solo existen datos y estudios desarrollados que nos brindan una aproximación actual y acorde con el mercado.

El teórico plan de trabajo de la Ingeniería de Valor es una aproximación técnica, para poder desarrollar un determinado proyecto de manera exitosa, que además nos da una oportunidad de ahorrar, sin sacrificios de calidad. Pero generalmente falla cuando intenta aplicar al área comercial e industrial su plan de trabajo, porque son áreas de gran incertidumbre.

Contratista General (Forma Tradicional)

El método tradicional usualmente empleado, un Ingeniero o arquitecto quien muchas veces compensa en un precio fija, un porcentaje del costo de la construcción, y/o una garantía máxima. Un multidisciplinario equipo de Ingeniería de Valor revisa el diseño y llega a plantear sugerencia de ahorro, donde un rediseño esta casi siempre involucrado. Cuando se confrontan la mayoría de los cambios se observa que hay un aumento en el pago de los honorarios de diseño. Esto se debe en gran parte a la falta de sofisticación en algunas empresas de diseño, las cuales no cuentan con programas que faciliten la realización de cualquier modificación, por falta de una interfase entre el software de diseño y el usuario, lo cual se traduce en altos costos de elaboración de planos cada vez que se realice un cambio.

5. METROVIVIENDA Y CIUDADELA EL RECREO (FASE INFORMATIVA DE LA INVESTIGACIÓN)

5.1 METROVIVIENDA

Antes de entrar a hablar de nuestro proyecto, **Ciudadela El Recreo**, es importante explicar la forma de participación que Metrovivienda tiene en el mismo. A su vez cuales son las empresas constructoras participantes en la construcción de V.I.S (Viviendas de Interés Social); Empresas constructoras que contratan con Metrovivienda y le compran los terrenos (con urbanismo) para iniciar un proyecto específico de construcción¹⁰.

5.1.1 QUE ES METROVIVIENDA

MetroVivienda, Empresa Industrial y Comercial del Distrito Capital, ofrece un sistema efectivo que facilita la adquisición masiva de vivienda a las familias de bajos ingresos de la capital y reduce el déficit habitacional a través de la promoción de la construcción de viviendas en niveles aceptables de calidad.

5.1.2 MISIÓN

Urbanizar tierra en sectores apropiados y acordes con los planes de ordenamiento territorial, para promover proyectos integrales de vivienda que aseguren formas de vida amables y económicas para las comunidades de bajos ingresos. Estos terrenos cuentan con la totalidad de servicios públicos y un equipamiento urbano de características envidiables por cualquier urbanización de la ciudad.

¹⁰ Pagina en Internet de Metrovivienda. <http://www.metrovivienda.gov.co>

5.1.3 OBJETIVOS

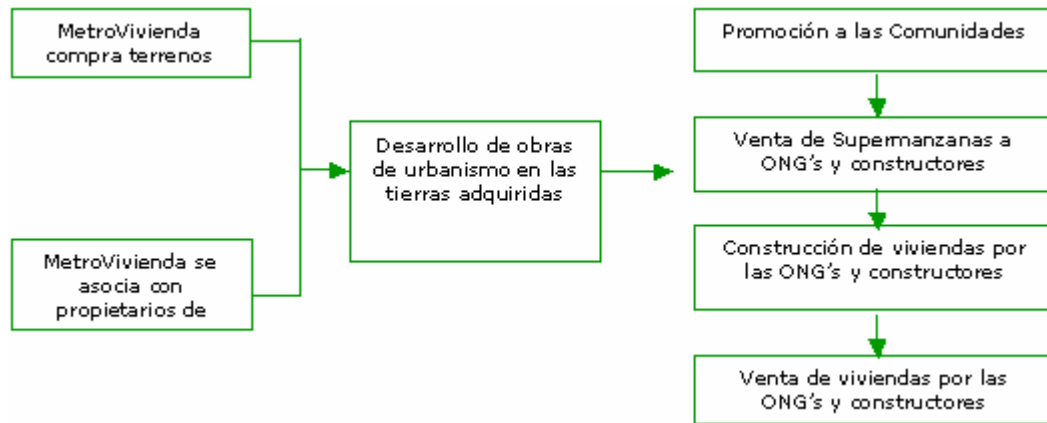
Promover la oferta masiva de suelo urbano para facilitar la ejecución de Proyectos Integrales de Vivienda de Interés Social. Desarrollar las funciones propias de los bancos de tierras o bancos inmobiliarios, respecto de inmuebles destinados en particular para la ejecución de proyectos urbanísticos que contemplen la provisión de Vivienda de Interés Social Prioritaria. Promover la organización comunitaria de familias de bajos ingresos para facilitar su acceso al suelo destinado a la Vivienda de Interés Social Prioritaria.

5.1.4 COMO TRABAJA METROVIVIENDA

En un primer paso Metrovivienda adquiere tierras que urbaniza y adecua velando por su calidad urbanística. Para ello realiza obras civiles directas y gestiona ante otras entidades gubernamentales construcciones como parques y escuelas.

En un segundo paso el programa es vendido por grandes lotes a constructores privados quienes desarrollan y ofrecen sus proyectos habitacionales con precios y áreas controlados.

En el precio de venta se traslada al comprador el bajo costo de la tierra adquirida. En su tercer paso el comprador (familias de estratos 2 y 3) recibe asesoría de Metrovivienda para el aprovechamiento de los derechos a subsidio de vivienda del Inurbe y las Cajas de Compensación.

5.1.5 ESQUEMA DE TRABAJO**Ilustración 1 Esquema de Trabajo de Metrovivienda**

Los contratos de venta de terrenos (venta al por mayor) establecen las condiciones mínimas que deben cumplir los constructores (venta al por menor). Las condiciones obligatorias son precio máximo de las viviendas y plazo máximo de construcción. El constructor tiene libertad de empresa en las demás decisiones.

La tarea de METROVIVIENDA es vigilar que las empresas que se encargan de la construcción de las viviendas, (constructores, cajas de compensación familiar y ONG's) cumplan con las normas de calidad que dicta Planeación. Adicionalmente vigila que el precio esté acorde con el interés de la ciudad: El precio tope de las viviendas es el de las Viviendas de Interés Social Prioritaria V.I.P, que se calcula con base en el valor del mes de diciembre de 1998 de \$15'000'000 de pesos, y que se incrementa mes a mes con el valor del I.P.C. Se calcula que el precio a finales del 2001, será de máximo \$20'000.000 pesos.

5.2 PROYECTO CIUDADELA EL RECREO

Ilustración 2 Gráfica del Proyecto Ciudadela el Recreo¹¹



¹¹ Pagina en Internet de Metrovivienda. <http://www.metrovivienda.gov.co>

Ilustración 3 Equipamiento Ciudadela el Recreo - Bosa¹²



La Ciudadela El Recreo se está construyendo en la localidad de Bosa, al sur occidente de Bogotá. Está rodeada por los barrios Las Margaritas I y II, San Bernardino, Santa Fe de Bosa y Villas del Progreso. Un punto de referencia importante es el CAI de Bosa La Libertad muy cerca del lugar.

Para llegar a la Ciudadela en la actualidad se cuenta con las rutas de buses que pasan cerca al proyecto. En especial aquellos que pasan por la Carrera 103 y llegan hasta el paradero del barrio San Bernardino. En el futuro y durante el desarrollo de la Ciudadela, esta se conectará con la Avenida Tintal, limitará con la Avenida Longitudinal de Occidente y con la Avenida Santa Fe.

¹² Pagina en Internet de Metrovivienda. <http://www.metrovivienda.gov.co>

El esquema de trabajo de este proyecto, se hizo a través de la compra directa de terrenos por parte de Metrovivienda, que se realizó durante 1999. Una vez determinados los límites del proyecto se procedió a determinar el diseño urbanístico

5.2.1 ÁREA DEL PROYECTO Y NUMERO DE VIVIENDAS

La Ciudadela tiene un área de 115,8 hectáreas donde se construirán 8.500 viviendas. La suma de las áreas de afectaciones, ronda del río, afectaciones de las vías, canales, controles ambientales es de 40,5 hectáreas, dejando como área neta urbanizable 75,3 hectáreas. Teniendo en cuenta el interés de la ciudad de desarrollar soluciones económicas, será obligatorio construir por lo menos 6.000 viviendas de tipo prioritario (V.I.P).

Las 2.500 viviendas restantes podrán ser con precios tradicionales. Actualmente está en oferta la primera etapa de la Ciudadela, urbanizaciones construidas por:

Tabla 1 Empresas Constructoras Participantes en la Ciudadela el Recreo

EMPRESA	URBANIZACIÓN
Cusezar	Quintas del Recreo
Fundación Compartir	Compartir el Recreo
Unión Temporal Los Cerezos	Los Cerezos del Recreo
Diseño Urbano	Kasay
Marval	Alameda de Santa Mónica
Parques de Potosí	Recreo de los Ángeles

5.2.2 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO Y URBANISMO

La Ciudadela fue diseñada por La Unión Temporal Perry, Brunner & Samper (ganadores de la licitación 001 de 1999), con los siguientes aspectos:

- La organización general del área se estructura con los espacios y equipamientos públicos: parques, colegios, salud instituciones, comercio,

situados con la mejor accesibilidad y jerarquía, mientras que los lotes para las urbanizaciones de vivienda giran alrededor de éste.

- El eje del proyecto será un parque lineal y de movilización peatonal repartidor, dentro o cerca del cual estarán situados los equipamientos públicos

5.2.3 INVERSIÓN DE METROVIVIENDA EN EL PROYECTO

En total el desarrollo urbanístico de la ciudadela tiene un costo de \$ 73.500 millones, de los cuales se encuentran invertidos cerca de \$ 23.000 millones. Los restantes están asegurados en el presupuesto de Metrovivienda.

Tabla 2 Inversión de Metrovivienda en el Proyecto

ÁREA DE INVERSIÓN DIRECTA	VALOR DE LA INVERSIÓN
Compra de Tierras	\$ 23.400 Millones
Infraestructura Matriz de Acueducto y Alcantarillado	\$ 15.400 Millones
Urbanismo Secundario (redes de energía y gas, vías internas, acueducto y alcantarillado interno, redes de teléfono)	\$ 20.600 Millones
Costos Indirectos (estudio, diseños, interventoría, gerencia de proyectos, fiducia, impuestos, promoción)	\$ 14.000 Millones
TOTAL	\$ 73.400 Millones
Cifras en millones de pesos del 2001	

Es necesario tener en cuenta que la inversión en obras matrices hidrosanitarias y derivadas será reembolsada por la E.A.A.B y el I.D.U a Metrovivienda por ser obras de alta cobertura.

La inversión que realiza el Distrito a través de Metrovivienda servirá para facilitar y motivar inversiones privadas por valor de \$175.000 millones en vivienda y \$15.000 millones en otros inmuebles como colegios, comercio, etc.

Tabla 3 Equipamiento Urbano de la Ciudadela el Recreo¹³

CIUDADELA EL RECREO - LOCALIDAD DE BOSA	
Lotes y Supermanzanas para Vivienda	El diseño contempla 32 manzanas de aproximadamente 1 hectárea, que pueden agruparse en 2, 3, 4 y 6 manzanas para la construcción de vivienda prioritaria, mayoritariamente en casas unifamiliares y bifamiliares. Igualmente existirán lotes destinados a edificios multifamiliares ubicados a lo largo de las avenidas de Bosa y Santafé que bordean el proyecto.
Equipamiento de las Supermanzanas para Vivienda	Las cesiones tipo A serán plazoletas centrales de las supermanzanas alrededor de las cuales será obligatorio construir las cesiones B destinadas al comercio local, guardería y salón comunal entre otros. Por lo anterior queda previsto el terreno para el desarrollo de 10 guarderías como mínimo.
Lotes para Educación	En la ciudadela se destinarán 4 lotes de una hectárea para la construcción de 4 colegios, que limitaran con las principales zonas verdes de la ciudadela, apuntando a los mas altos estándares de recreación para los escolares.
Sistema Vial, Espacios Verdes y Ciclovías	La malla vial esta compuesta por vías locales vehiculares que se conectan con una malla peatonal interna ubicada entre las supermanzanas de vivienda así como con la cicloruta que atraviesa la ciudadela por el parque lineal. La estructura verde esta compuesta por un parque lineal a lo largo del canal Santa Isabel y otro parque que se conformara cercano al colector Cundinamarca (cerca de los Colegios).
Espacios para Eventos, Comercio y Otros	Una gran fortaleza del proyecto es la destinación de lotes para la construcción de una gran plaza cívica, entorno de la cual se prevé la dotación comercial, cultural e institucional para el servicio de toda la localidad de Bosa. Además Metrovivienda contrato los estudios necesarios para determinar la construcción de un gran centro comercial con grandes almacenes de cadena. Se piensa implementar eventualmente una casa de la cultura y un centro de desarrollo comunitario.

5.2.4 CRONÓGRAMA DE ACTIVIDADES DESARROLLADO EN LOS AÑOS 2000/01**Avances a Enero del 2001**

- Se realizaron las obras de urbanismo primario y secundario de la Primera Etapa.
- Se ofertaron los 6 primeros lotes para la construcción de Vivienda de Interés Social Prioritaria.
- Se vendieron los 6 lotes a las empresas: Cusezar, Fundación Compartir, Unión Temporal Los Cerezos, Diseño Urbano, Marval y Parques de Potosí.
- Se construyó la Manzana Inmobiliaria.

¹³ Pagina en Internet de Metrovivienda. <http://www.metrovivienda.gov.co>

- Hasta el momento se han atendido mas de 35.000 personas interesadas en las viviendas de la Ciudadela.

Avances a Mayo del 2001

- Se adjudicó la Licitación para la construcción del urbanismo de la segunda etapa.
- Las seis empresas constructoras están vendiendo las viviendas de la primera etapa.

Estado del Proyecto a Diciembre de 2002

- Se terminó las viviendas de interés prioritario, y algunas construcciones de uso institucional (colegios, escuelas, salones comunales, etc.).
- Por otra parte la zona que colinda con Santiago de Atalayas se encuentra completamente terminada.
- En la zona próxima a la manzana inmobiliaria se adecuaron unos parqueos y unas obras de urbanismo menores como colocación de canecas para las basuras, protectores de árboles, etc.

Es muy importante anotar que la administración del proyecto está a cargo de Metrovivienda, la finalización aproximada de la ciudadela El Recreo se estima en el año 2004.

6. METODOLOGÍA

Para la realización del presente trabajo de ingeniería de valor, se planteó el siguiente esquema:

6.1 CREACIÓN DEL GRUPO

6.2 INDUCCIÓN / ORIENTACIÓN

6.3 INFORMACIÓN DEL PROYECTO

6.4 FASE CREATIVA

6.4.1 Análisis de Pareto

6.4.2 Análisis de Función

6.4.3 Tormenta de ideas

6.5 FASE ANALÍTICA

6.6 FASE DE INVESTIGACIÓN

A continuación se explicará cada una de los pasos que fueron planteados en el esquema anterior.

6.1 CREACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo esta conformado por diseñadores y constructores. Adicionalmente, se cuenta con el apoyo del dueño del proyecto que es en este caso Metrovivienda y de un facilitador que es el Ingeniero Diego Echeverry Campos, profesor de la Universidad de los Andes.

Dueño: METROVIVIENDA (Ingeniero Luis Fernando Ballesteros)

Diseñadores: Ingeniero Fernando Acosta e Ingeniero Bernardo Rodríguez Guzmán.

Estimador de costos: Ingeniero Yesid Humberto Pinzón Riaño.

Constructor: Ingeniero Pedro Renjifo.

Facilitador: Ingeniero Diego Echeverry Campos.

6.2 INDUCCIÓN / ORIENTACIÓN

Una vez establecidas las funciones de cada uno de los integrantes del grupo se procedió a realizar la inducción y orientación del respectivo proceso de ingeniería de valor; Teniendo en cuenta que consiste en aumentar el valor del proyecto, realizando una disminución de los costos sin ir en detrimento de la calidad del proyecto.

El proceso de integración y reconocimiento de los miembros del grupo se llevo a cabo durante dos semanas. Cada integrante del grupo asumió su rol participando con sus aportes e intereses en el proceso de ingeniería del valor.

6.3 INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Esta labor de recolección de información del proyecto constó de dos etapas: una primera etapa en la cual se recolecto la información conceptual del proyecto, donde fue necesario consultar al Ingeniero Luis Fernando Ballesteros de Metrovivienda, quien nos aportó sus conocimientos y textos relativos al proyecto¹⁴. En la segunda etapa, una vez ya estaba empapado del desarrollo del proyecto, se recopilaron los diseños urbanísticos de la ciudadela el Recreo; esto con el fin de dar una orientación mas centrada del proyecto, ubicación y sus características urbanísticas.

¹⁴ Disponible en el numeral **5. METROVIVIENDA Y CIUDADELA EL RECREO**
YESID HUMBERTO PINZÓN RIAÑO

6.4 FASE CREATIVA

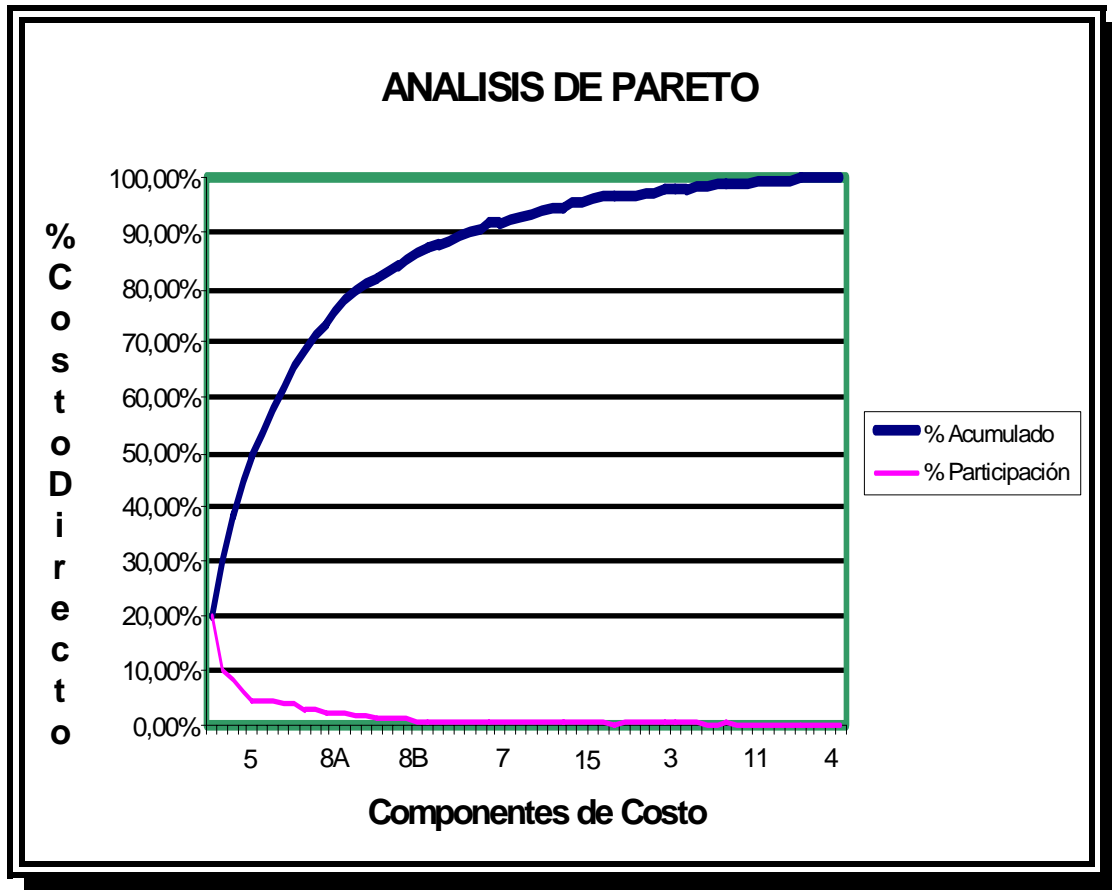
6.4.1 ANÁLISIS DE PARETO

Para identificar los componentes de costos más representativos en el proyecto se realizó un análisis de Pareto sobre los ítems del presupuesto.

Los ítems fueron organizados en forma descendente de acuerdo con su costo; una vez organizados, se calculó el porcentaje de participación de cada ítem sobre el costo directo del proyecto y posteriormente se obtuvo el porcentaje acumulado en cada ítem.

Se decidió realizar el análisis teniendo en cuenta los capítulos del presupuesto de la primera etapa, cabe anotar que pueden existir ítems representativos que no hubieran sido tenidos en cuenta en todo el capítulo.

Este análisis se puede observar de manera mas detallada en el Anexo numero dos (2) en dos tablas donde se muestra de manera clara la forma como se escogieron los capítulos más representativos dentro del presupuesto de la primera etapa de la Ciudadela el Recreo de Metrovivienda.



Los ítems seleccionados para el proceso de ingeniería del valor son aquellos cuyo porcentaje acumulado representan aproximadamente el 80% del costo directo del proyecto. En este caso el costo de los ítems seleccionados representa el 75.94 % del costo directo del proyecto y a la vez estos constituyen el 41.18% del número total de capítulos.

6.4.2 ANÁLISIS DE FUNCIÓN

Para los ítems seleccionados, se realizó un análisis de función en donde a cada ítem se le asignaba un verbo y un complemento que representaban la función que desempeñaba.

Es importante mencionar que estas funciones deben ser cuantificables para que puedan ser comparadas con posibles alternativas de sustitución.

Este análisis de función se puede observar mejor en el Anexo numero tres (3) donde se encuentran varias tablas, las cuales representan cada uno de los capítulos considerados dentro del análisis de función realizado para la primera etapa de la Ciudadela el Recreo de Metrovivienda.

6.4.3 TORMENTA DE IDEAS (“BRAIN STORM”)

Una vez realizado el análisis de función se hizo la tormenta de ideas es sesiones denominadas Brain Storm, con cada uno de los integrantes del equipo interdisciplinario, en donde se plantearon alternativas de sustitución para cada uno de los capítulos seleccionados.

Lo importante en esta etapa es ser muy creativos y no cohibir la imaginación de los miembros del grupo, ya que de aquí pueden surgir propuestas interesantes.

ÍTEMS CON POSIBILIDAD DE SER SUSTITUIDOS

Rellenos

- Reducción de espesor: es una buena solución debido a que las cargas que debe soportar no son muy altas.
- Sólo afirmado, proporcionando un mayor nivel de compactación, utilizando mejor calidad de recebo y controlando su nivel de humedad y componentes arcillosos.

Pavimentos

- Entregar vías sin carpeta asfáltica
- Reducción de anchos de calzada.
- Reducción de espesores de las capas de asfalto (base y subbase), mejorando la calidad de los agregados.

Redes Eléctricas

- Mantener las redes eléctricas aéreas, no subterranizar.
- Sustituir materiales actuales (Postes Metálicos).

Redes de Acueducto

- Cambio de tanques de reserva de agua potable elevados.
- Sustituirlos por tanque subterráneos comunitarios con bombas de presión.
- Reducción de diámetros de tubería de acueducto.

Aguas Negras

- Reducción de diámetros de tubería de alcantarillado.

Aguas Lluvias

- Aguas lluvias con canalización.

Espacio Publico

- Reducción de anchos de andenes.

6.5 FASE ANALÍTICA

En esta etapa las alternativas de sustitución son tomadas, descartando las menos viables y manteniéndose las de mayor potencial. Es clave la experiencia, el conocimiento y el juicio del equipo. Para esto se debe contar con un equipo interdisciplinario, que cuenta con una vasta experiencia, ya sea como diseñador, constructor, estimador de costos, etc.

6.5.1 ALTERNATIVAS SELECCIONADAS Y RECOMENDACIONES

Los porcentajes de incidencia utilizados en la fase de evaluación de alternativas se refieren al nivel de importancia de las diferentes funciones analizadas para cada componente de costo determinado en el Análisis de Pareto.

Después de realizar el análisis de las diferentes alternativas de sustitución, se escogen aquellas que obtuvieron una mejor calificación respecto a las demás teniendo en cuenta no sólo el factor de calidad sino también aquellas que representaran un menor costo directo.

Los componentes de costo para los que se proponen sustituciones a ser analizadas en la fase Investigativa son los siguientes:

Pavimentos

- Entregar vías sin carpeta asfáltica
- Reducción de anchos de calzada.
- Reducción de espesores de las capas de asfalto (base y subbase), mejorando la calidad de los agregados.

Redes Eléctricas

- Mantener las redes eléctricas aéreas, no subterranizar.
- Sustituir materiales actuales (Postes Metálicos).

Redes de Acueducto

- Cambio de tanques de reserva de agua potable elevados.
- Sustituirlos por tanque subterráneos comunitarios con bombas de presión.

Aguas Lluvias

- Aguas Lluvias con canalización.

Espacio Publico

- Reducción de anchos de andenes.

Para un análisis efectivo de Ingeniería de Valor en donde se apliquen los conceptos de calidad, valor y costos es fundamental tener buena habilidad en estimación de costos y conocimiento amplio de las opciones que ofrece el mercado.

Ahora dentro del desarrollo del programa de la tesis, viene la Fase Investigativa, en la cual debemos evaluar de manera detallada las alternativas de mayor potencial (diseño y costeo), para ello se cuenta con los diseños de la primera etapa, proporcionados por Metrovivienda. Para esto se contará con el apoyo del equipo conformado y se estudiarán y evaluarán las alternativas ya seleccionadas con base en su experiencia, para determinar si es posible aumentar o no el valor del proyecto.

6.6 FASE INVESTIGATIVA

El principal objetivo de esta fase es realizar una evaluación detallada de las alternativas de mayor potencial en cuanto a diseño y costeo se refiere, para determinar con certeza si existen sustituciones que puedan aumentar el valor del proyecto Ciudadela el Recreo o definitivamente no hay posibilidad de aumentar el valor. Los resultados de esta fase se resumirán mas adelante en un capitulo de recomendaciones.

6.6.1 PAVIMENTOS

Dentro de este ítem de costo tenemos identificadas las siguientes alternativas, las cuales son el resultado de un trabajo ínter - disciplinario del equipo de investigación, basados en la experiencia del grupo, adquirido durante sus años de ejercer la ingeniería civil, ya sea como dueños, diseñadores, constructores, interventores, consultores, etc.

- Entregar vías sin carpeta asfáltica
- Reducción de anchos de calzada.
- Reducción de espesores de las capas de asfalto (base y subbase), mejorando la calidad de los agregados.

En primer lugar se presentará un resumen del método actual con el cual viene trabajando Metrovivienda (Anexo 1), que es un método tradicional para la utilización de pavimentos asfálticos, que se rige por la norma T-1350 de la Secretaria de Obras del Distrito.

Ahora para poder realizar un comparativo en costo con las alternativas planteadas por el equipo de investigación de Ingeniería de valor, se realiza una presupuestación de la norma T - 1350 de la Secretaria de Obras del Distrito.

La unidad de medida será el m², el cual incluye suministro, transporte, colocación de los materiales, compactación, equipo, herramienta, mano de obra, ensayos de laboratorio y pruebas, y cualquier otro elemento requerido para la correcta colocación de la capa asfáltica. La medición será el resultante de tomar el largo por el ancho medido en planta, del material colocado. En los anexos se encuentra el respectivo análisis unitario que soporta los siguientes datos de costo.

Tabla 4 Precios por M2 Base y Rodaduras Norma T - 1350

PAVIMENTO ASFALTICO NORMA T-1350 S.O.P.D				M2
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
Base B – 1350 e=10 cm	m ²	1	36345.32	36345.32
Rodadura B - 1350 e=5 cm	m ²	1	29445.32	29445.32
Rodadura 1150 e=5 cm	m ²	1	29795.32	29795.32
Nota: En los anexos se encuentra el análisis unitario que soporta los valores. S.O.P.D. Secretaria de Obras Publicas del Distrito.				

Tabla 5 Costo por M2 Norma T - 1350

PAVIMENTO ASFALTICO NORMA T-1350 S.O.P.D				M2
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
Base B – 1350 e=10 cm	m ²	1	36345.32	36345.32
Rodadura B - 1350 e=5 cm	m ²	1	29445.32	29445.32
VALOR TOTAL				65790.64
Nota: En los anexos se encuentra el análisis unitario que soporta los valores. S.O.P.D. Secretaria de Obras Publicas del Distrito.				

Después de observar el cuadro resumen anterior, podemos concluir que utilizando el sistema tradicional de la Secretaria de Obras Publicas del Distrito, que es el método

usado en la actualidad por Metrovivienda; La combinación más económica que podemos encontrar sería mezclar una Base B - 1350 de 10 centímetros de espesor, con una rodadura B - 1350 de 5 centímetros de espesor, para obtener un precio total de la solución (base + rodadura) de \$65790.64 / m².

Este precio / m² servirá más adelante para realizar la comparación con nuestras alternativas planteadas y desarrolladas por el grupo de Investigadores en Ingeniería de valor.

DESARROLLO DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS

Entregar Vías sin Carpeta Asfáltica.

Para el desarrollo de esta alternativa, se plantea entregar las vías sin carpeta asfáltica, favoreciendo el desarrollo de un urbanismo progresivo (entiéndase urbanismo progresivo como el desarrollo de aquellas obras estrictamente necesarias para llevar a cabo una función a lo largo del tiempo).

Basados en este punto de vista, podemos hacer una entrega de las vías, con una subbase en recebo B - 600, debidamente compactado y recubierto con una capa de imprimación o comúnmente llamada "Petrolizada", con un asfalto líquido M - C - 70 en cantidad de 0.15 a 0.20 Gls/m²; cabe anotar que cuando se adoptan este tipo de soluciones, se mejora la calidad del recebo, controlando su nivel de humedad y además se le agrega cemento puro a razón de ½ bulto por cada m³ de material.

El recebo deberá estar constituido por una mezcla de piedra triturada, arenas y finos que cumplan los siguientes requisitos:

Tabla 6 Granulometría y Gradación

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA		
Milímetros	Pulgadas	A	B	C
76.2	3.0	100		
38.1	1.5		100	
24.5	1.0			100
No. 4		30 - 70	30 - 70	40 - 30
No. 200		0 - 15	0 - 15	5 - 20

- El material retenido en el tamiz No. 4 estará constituido por partículas de roca y durables.
- Fracción que pasa por el tamiz No. 40: limite liquido = 30% máximo, índice de plasticidad = 9% máximo.
- El recebo deberá alcanzar una compactación del 90% del proctor modificado.
- Deberá tener características uniformes y estar libre de tierra vegetal, terrones de arcilla y otros materiales objetables.
- Las fuentes de los materiales, así como los equipos y procedimientos de producción deberán asegurar el cumplimiento de estas normas así como la homogeneidad del material que se transporta a la obra. Los trabajos de clasificación de agregados, incluyendo la eliminación y separación de sobre tamaños, deberá ejecutarse en el sitio de explotación pero en ningún caso en la obra. Solo se puede utilizar material de canteras que se encuentren debidamente reglamentadas por el Ministerio del Medio Ambiente.
- Por disposiciones distritales (I.D.U) el recebo a utilizar en vías principales y secundarias es B - 600.
- El cemento que se emplee para el mejoramiento y lograr una mejor compactación del recebo, debe ser tipo Portland normal, tipo 1, de una marca acreditada que cumpla con las especificaciones M 85 - 70 de la AASHO, o con las normas ICONTEC 121 y 321.

Ahora para poder realizar un comparativo en costo con la norma T - 1350 de la Secretaria de Obras del Distrito, se realiza una presupuestación de la alternativa planteada.

La unidad de medida será el m², el cual incluye suministro, transporte, colocación de los materiales, compactación, equipo, herramienta, mano de obra, ensayos de laboratorio y pruebas, y cualquier otro elemento requerido para la correcta colocación de la capa asfáltica. La medición será el resultante de tomar el largo por el ancho medido en planta, del material colocado. En los anexos se encuentra el respectivo análisis unitario que soporta los siguientes datos numéricos.

Tabla 7 Valor por M2 Vías sin Carpeta Asfáltica

VÍAS SIN CARPETA ASFALTICA (SOLO ASFALTO M-C-70)				M2
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
Vía Asfalto M-C-70	m ²	1	15594.67	15594.67
VALOR TOTAL				15594.67
Nota: En los anexos se encuentra el análisis unitario que soporta los valores.				

Esta alternativa será al final del análisis, la que más reducción de costos nos ofrece, porque no involucra el colocar carpeta asfáltica; esto obedece a que como explicamos anteriormente, esta alternativa busca el desarrollo de un urbanismo progresivo, que lo que busca es dejar un equipamiento básico, sin que esto impida el normal funcionamiento de las actividades de la comunidad de la Ciudadela el Recreo.

Reducción de Anchos de Calzada.

Siendo consecuentes con el crecimiento de este sector de la ciudad y las futuras conexiones con vías de gran tránsito como lo son: La Avenida el Tintal, La Avenida

Santafé y la futura Avenida Longitudinal de Occidente, es necesario considerar una serie de factores como: Aumento de rutas de transporte, sobre población del sector, crecimiento urbanístico, etc.; que influyen de manera directa a la hora de tomar una decisión tan importante como es la de reducir los anchos de calzada, para minimizar costos.

En una de las varias visitas realizadas por el Autor a la Ciudadela El Recreo, se pudo constatar que los anchos de las calzadas superan los 5 metros en varios tramos y como mínimo encontramos anchos de 3 metros. Pero no se consideró conveniente reducir el ancho de la calzada, debido a la gran cantidad de rutas de buses que cruzan por el sector, además la mayoría de las casas han sido sometidas a reformas, lo cual indica que la densidad por casa de habitantes a crecido en el poco tiempo que lleva la ciudadela en funcionamiento y se espera que crezca aun más.

Por consiguiente no es recomendable la reducción de anchos de calzada para reducir costos, aunque varias normas del Banco Mundial para Urbanismo en Países en vía de Desarrollo, así lo recomiendan¹⁵.

Sin embargo, basándonos en nuestro análisis realizado y estudiando las alternativas planteadas, se presentan dos tablas en las cuales hay posibles opciones de disminución de anchos de calzada desde los 5 metros hasta los 3 metros con intervalos de 50 centímetros cada uno, queda a criterio de quien consulte esta investigación evaluar en qué porcentaje se reducirá el ancho, teniendo en cuenta las consideraciones presentadas y el nivel de aplicabilidad en cada proyecto en particular.

¹⁵ Tema tratado con mayor detalle en la Tesis de Sonia González "Normatividad en Urbanismo"
YESID HUMBERTO PINZÓN RIAÑO

Ahora para poder realizar un comparativo en costo con la norma T - 1350 de la Secretaria de Obras del Distrito, se realiza una presupuestación de la alternativa planteada.

La unidad de medida será el m², el cual incluye suministro, transporte, colocación de los materiales, compactación, equipo, herramienta, mano de obra, ensayos de laboratorio y pruebas, y cualquier otro elemento requerido para la correcta colocación de la capa asfáltica. La medición será el resultante de tomar el largo por el ancho medido en planta, del material colocado.

En los anexos se encuentra el respectivo análisis unitario que soporta los siguientes datos de costo.

Tabla 8 Valores de Pavimentación según el Ancho de Calzada

VALORES DE LA PAVIMENTACIÓN SEGÚN ANCHO DE LA CALZADA							
DESCRIPCIÓN	UN	V. UNITARIO	ANCHO DE CALZADA				
			3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
Norma T-1350	m ²	65790.64	197372	230267	263163	296058	328953
Mezclas MDC	m ²	58710.64	176132	205487	234843	264198	293553
PORCENTAJE DE AHORRO SEGÚN ANCHO DE LA CALZADA							
DESCRIPCIÓN	UN	V. UNITARIO	ANCHO DE CALZADA				
			3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
Norma T-1350	m ²	65790.64	40 %	30 %	20 %	10 %	0 %
Mezclas MDC	m ²	58710.64	46.46%	37.53%	28.61%	19.69%	10.76%

Como un concepto personal, para el caso en estudio de la Ciudadela el Recreo no hubiera sido recomendable la reducción de anchos de calzada, por la cantidad de rutas de transporte presentes en el sector, pero para futuros proyectos, no solo de Metrovivienda se puede aplicar esta alternativa, sobretodo en vías secundarias de acceso a las manzanas.

Reducción de Espesores de las Capas de Asfalto (Base y Subbase)

Diseño De Pavimentos Para Bogotá

Desde 1.992 la Universidad de los Andes a través de los Laboratorios de Ingeniería Civil ha venido desarrollando una serie de trabajos de investigación y asesoría para el Instituto de Desarrollo Urbano - I.D.U centrados principalmente en el diseño y caracterización del comportamiento de los pavimentos en Bogotá.

Los trabajos más importantes se han centrado en el desarrollo e implementación en Bogotá de una nueva metodología de diseño de pavimentos flexibles y rígidos basada en métodos racionales. Para esto se realizó la Fase I de los trabajos entre julio de 1.994 y enero de 1.995, contrato que terminó con la realización de un manual básico para el diseño de pavimentos flexibles adaptado a las condiciones de suelo y tráfico de la ciudad.

En el Manual se incluyeron una serie de recomendaciones precisas sobre tipos de estructuras geotécnicas de cada una y en función del tráfico utilizado como base para el diseño. Como lo plantea el Manual, resultan posibles varias alternativas de estructuras, con bases y subbases conformadas por material original de las diferentes canteras cercanas a la ciudad o por materiales mejorados o estabilizados con cemento o cal. Para un estudio un poco más detallado referente a las posibilidades de mejorar o estabilizar los materiales disponibles en Bogotá para ser utilizados como bases y/o subbases se planteó la Fase II de los trabajos.

La Fase II de los trabajos que inicio en febrero de 1.996 y termina hacia abril de 1.997. Incluyó el estudio detallado de las propiedades mecánicas típicas de los materiales mencionados, es decir de los materiales originales provenientes de las

diferentes canteras en los alrededores de la ciudad o de estos materiales mejorados o estabilizados con cemento o cal.

Aunque este fue el objetivo principal de la Fase II, se identificó una segunda prioridad que consistió en la actualización del Manual mencionado para incluir los nuevos resultados encontrados no solo a nivel de caracterización básica de materiales sino con el fin de incluirlos en las estructuras típicas recomendadas para las diferentes zonas de la ciudad y ante las diferentes condiciones de tráfico.

Además de esto y por solicitud explícita del I.D.U se incluyó en el Manual la parte correspondiente al diseño de pavimentos rígidos en lo relacionado con el método racional de diseño y las propiedades típicas que pueden esperarse de estos materiales. Sin embargo, esta parte no incluyó el estudio experimental correspondiente a los módulos dinámicos y leyes de fatiga de materiales con contenidos intermedios o altos de cemento, básicamente por limitaciones de tiempo y recursos.

Finalmente en esta Fase II de los trabajos se estudiaron con cierto detalle las propiedades típicas de las capas de rodaduras y de bases asfálticas más utilizadas en la construcción de vías en Bogotá y se realizaron algunas investigaciones relacionadas con el estado actual de algunos pavimentos recientemente construidos en la ciudad y finalmente y con base en los resultados encontrados en las investigaciones realizadas, se realizaron nuevas recomendaciones de estructuras a ser utilizadas en la ciudad y se dio una amplia difusión no solo al Manual actualizado sino a los métodos experimentales disponibles para realizar nuevos diseños o controles de calidad a las obras que se adelanten en la ciudad.

Esta difusión, ocurrió no solo al nivel de consultores y contratistas sino también al nivel de Universidades y de las personas claves responsables de la formación de estudiantes en el área de pavimentos de varias Universidades de Bogotá.

Principales Aportes de la Investigación¹⁶

En primer lugar es evidente que una gran parte de la ciudad esta afectada por subrasantes de mala calidad, los módulos de la subrasante en la zona blanda oscilan entre 100 y 250 kg/cm². A pesar de que la zona de suelos blandos es extensa y presenta suelos de características índice homogéneas, la zonificación por módulo no es evidente ya que este depende en gran parte del grado de preconsolidación del suelo el cual es altamente variable dependiendo del punto de la ciudad considerado y de la profundidad.

Los materiales que corrientemente se utilizan como capas de base o subbase no presentan una buena calidad. El aspecto más desfavorable es el desgaste, sin embargo se pudo demostrar que una adición de un pequeño porcentaje de cementación mejora considerablemente su desempeño, se obtuvieron curvas de fatiga cuya tendencia corresponde a lo publicado ampliamente en la literatura con la cual se demuestra que la metodología experimental y el diseño es completamente valida en nuestro medio.

Finalmente se obtuvieron resultados sobre el comportamiento de los materiales asfálticos. Estos resultados demuestran la importancia de un estudio adecuado de las leyes de fatiga de cada proyecto ya que dependiendo de la granulometría utilizada la vida de la carpeta puede multiplicarse por tres.

También es importante anotar que este trabajo demostró que la metodología de diseño racional de pavimentos propuesta en el manual es completamente aplicable en nuestro medio tanto desde el punto de vista experimental como de diseño.

¹⁶ Manual de diseño de pavimentos para Santafé de Bogotá
YESID HUMBERTO PINZÓN RIAÑO

Reducción de Espesores de las Capas de Pavimentos Asfálticos

Ahora bien, basados en estas investigaciones realizadas por la Universidad de los Andes y en la puesta en circulación en el mercado de nuevos compuestos y la mejora en los agregados de bases y capas de rodadura, presento las siguientes alternativas, que en esencia pretenden una disminución en los espesores de las capas, sin afectar la calidad, pero si reduciendo los costos de una manera apreciable.

Pavimento Asfáltico Base B - 1350 Espesor 7 Centímetros Pavimento Asfáltico Base MDC - 1 Espesor 7 Centímetros

En el planteamiento de esta alternativa se utilizara el material estipulado que cumpla con las normas y recomendaciones de la Secretaria de Obras Publicas o quien la represente en sus funciones.

Se aplicará en primera instancia una capa de relleno recebo B - 600 de 30 centímetros de espesor, compactado hasta lograr un 90 % de compactación del proctor modificado y una resistencia promedio de 30 Kg/cm², que servirá de superficie base para la pavimentación.

El material de base deberá regarse y nivelarse con equipo mecánico o manual sobre superficies debidamente preparadas con emulsión asfáltica o asfalto liquido tipo M - C - 70 en cantidad de 0.30 a 0.40 GlS/m², a una temperatura entre 40 y 70 °C sobre una superficie limpia.

El material de subbase debe compactarse al 90% del optimo arrojado por el proctor modificado y a la base y rodadura asfáltica se le debe hacer el ensayo de Marshall para verificar flujo, estabilidad y porcentaje de asfalto.

La mezcla debe llegar a la obra para ser extendida a una temperatura no inferior de 125 °C y ser compactada a una temperatura adecuada. La densidad del pavimento asfáltico de base terminado debe ser mayor al 90% de la densidad de laboratorio. No se extenderá mezcla asfáltica sobre superficies húmedas y tendrán que estar libres de material contaminante o suelto que impida la correcta adherencia, a la superficie se le hará riego de imprimación y las paredes de las superficies de contacto se pintaran con asfalto caliente u otro material bituminoso.

El equipo que se utilizara para la compactación de la base asfáltica estará compuesto por cilindros o benitines, o plaquetas vibratorias con el visto bueno de la Secretaria de Obras.

La pavimentación se hará previa verificación de la compactación y condiciones climáticas adecuadas para el desarrollo de la misma.

Ahora para poder realizar un comparativo en costo con la norma T - 1350 de la Secretaria de Obras del Distrito, se realiza una presupuestación de la alternativa planteada.

La unidad de medida será el m², el cual incluye suministro, transporte, colocación de los materiales, compactación, equipo, herramienta, mano de obra, ensayos de laboratorio y pruebas, y cualquier otro elemento requerido para la correcta colocación de la capa asfáltica. La medición será el resultante de tomar el largo por el ancho medido en planta, del material colocado.

En los anexos se encuentra el respectivo análisis unitario que soporta los siguientes datos de costo.

Tabla 9 Valores por M2 Bases B 1350 y MDC 1

PAVIMENTO ASFALTICO BASE B - 1350 Y MDC - 1				M2
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Base B - 1350 e=7 cm	m ²	1	32205.32	32205.32
Base MDC - 1 e=7 cm	m ²	1	31995.32	31995.32
Nota: En los anexos se encuentra el análisis unitario que soporta los valores.				

De este primer análisis de las Bases para pavimento asfáltico, podemos concluir que la base que mejor precio nos ofrece es la Base MDC - 1, con un espesor de 7 centímetros; a pesar de que el margen de diferencia con la otra base la B - 1350 no es muy amplio (mismo espesor), nuestra elección es optar por recomendar el uso de la base MDC -1, no solo por su mejor precio, sino también por la mejor calidad de sus agregados al desgaste.

El precio de esta base, lo uniremos con el de nuestra capa de rodadura recomendada, para sacar el valor total de nuestra alternativa y poder compararlo con la Norma T - 1350 de la S.O.P.D.

Pavimento Asfáltico Rodadura 1350 Espesor 3 Centímetros
Pavimento Asfáltico Rodadura 1150 Espesor 3 Centímetros
Pavimento Asfáltico Rodadura MDC - 2 Espesor 3 Centímetros

Se utilizara el material estipulado que cumpla con las normas de la Secretaria de Obras Publicas o quien la represente en sus funciones.

Previa la colocación de este material, deberá impregnarse la superficie de un riego de asfalto liquido (imprimación) cuyo objeto es crear una unión entre la base y la rodadura. El material de imprimación será un asfalto liquido tipo M - C - 70 en cantidad de 0.30 a 0.40 Gl/m² a una temperatura que oscila entre 40 y 70 °C. Esta

imprimación deberá aplicarse cuando la superficie este limpia de cuerpos extraños, polvo, arena, etc.

La mezcla debe llegar a la obra para ser extendida a una temperatura no inferior de 125 °C y ser compactada a una temperatura adecuada. La densidad del pavimento terminado debe ser mayor al 90% de la densidad de laboratorio.

La rodadura deberá ser compactada con cilindro mecánico, benitin o plaquetas vibratorias, teniendo en cuenta los niveles de la base existente, conservando los perfiles longitudinales y transversales de la vía.

La mezcla se compactara del borde de la calzada hacia el centro y de las fajas inferiores a las superiores cuando haya peralte o bombeo, para la ultima capa se compactara la faja correspondiente a la junta con el pavimento existente hasta la densidad máxima con el objeto de garantizar una transición lo más perfecta posible entre el pavimento antiguo y el nuevo.

La ultima capa o capa de rodadura llevara un sobre espesor para que al compactarla coincida con la superficie final de la existente.

En caso de ondulaciones, grietas, aglomeración de mezclas, asentamiento excesivo, se deberá suspender el trabajo y retirar la mezcla de los sectores afectados debiendo ser esta reemplazada por mezcla nueva.

En caso de presentarse problemas posteriores con la pavimentación, a concepto de la Secretaria de Obras Publicas, estos deberán ser solucionados en el menor tiempo posible.

En el caso que la vía haya sido intervenida por la empresa ICA, los espesores de la carpeta asfáltica tanto de la base como la rodadura serán de acuerdo con las

especificaciones de la empresa antes mencionada, es decir 20 centímetros para la base y 15 centímetros para la rodadura. Pero teniendo en cuenta que esta empresa realizó mejoras al material de la subbase, se pueden disminuir dichos espesores hasta el límite propuesto por nosotros o conservando un límite de seguridad podemos usar 10 centímetros para base y 5 centímetros para rodadura como recomienda la Secretaria de Obras.

Ahora para poder realizar un comparativo en costo con la norma T - 1350 de la Secretaria de Obras del Distrito, se realiza una presupuestación de la alternativa planteada.

La unidad de medida será el m², el cual incluye suministro, transporte, colocación de los materiales, compactación, equipo, herramienta, mano de obra, ensayos de laboratorio y pruebas, y cualquier otro elemento requerido para la correcta colocación de la capa asfáltica. La medición será el resultante de tomar el largo por el ancho medido en planta, del material colocado. En los anexos se encuentra el respectivo análisis unitario que soporta los siguientes datos de costo.

Tabla 10 Valores por M2 Rodaduras B 1350, B 1150 y MDC 2

PAVIMENTO ASFALTICO RODADURA BASE B - 1350, BASE B - 1150 Y MDC - 2				M2
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Rodadura B - 1350 e=3 cm	m ²	1	26685.32	26685.32
Rodadura B - 1150 e=3 cm	m ²	1	26895.32	26895.32
Rodadura MDC - 2 e=3 cm	m ²	1	26715.32	26715.32
Nota: En los anexos se encuentra el análisis unitario que soporta los valores.				

De este análisis podemos sacar la conclusión que las tres mezclas de rodadura nos ofrecen un muy buen precio y el margen de diferencia entre las tres es muy bajo,

pero buscando mejorar la calidad, nuestra recomendación se inclina por la rodadura MDC - 2 con un espesor de 3 centímetros, porque nos ofrece una mejor calidad de los agregados (ya comprobada); además con las otras dos mezclas para rodadura, resulta muy arriesgado reducir el espesor de la capa a tres centímetros, porque la calidad de los agregados es menor.

Ahora bien, uniendo nuestra propuesta de utilizar una base MDC - 1 con un espesor de 7 centímetros y un precio por m² de \$31995.32, combinada con una capa de rodadura MDC - 2 de espesor 3 centímetros y un precio por m² de \$26715.32, obtenemos una solución de 10 centímetros de espesor, que en ningún momento deja de lado el factor calidad y que por el contrario puede resultar mucho mas benéfico desde el punto de vista económico, porque nos ofrece un precio por m² total de \$58710.64, viéndolo mas en detalle:

Tabla 11 Valor por M2 Base MDC 1 y Rodadura MDC 2

PAVIMENTO ASFALTICO BASE MDC - 1 Y RODADURA MDC - 2				M2
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
Base MDC - 1 e=7 cm	m ²	1	31995.32	31995.32
Rodadura MDC - 2 e=3 cm	m ²	1	26715.32	26715.32
VALOR TOTAL				58710.64
Nota: En los anexos se encuentra el análisis unitario que soporta los valores.				

Ahora recordemos el valor por m² de la presupuestación de la norma T-1350 de la secretaria de Obras Publicas del Distrito, para comparar que nuestra alternativa resulta mucho mas económica y como mínimo nos ofrece un grado de calidad igual al que se viene trabajando.

Tabla 12 Valor por M2 Norma T 1350 S.O.P.D

PAVIMENTO ASFALTICO NORMA T-1350 S.O.P.D				M2
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
Base B - 1350 e=10 cm	m ²	1	36345.32	36345.32
Rodadura B - 1350 e=5 cm	m ²	1	29445.32	29445.32
VALOR TOTAL				65790.64
Nota: En los anexos se encuentra el análisis unitario que soporta los valores. S.O.P.D. Secretaría de Obras Publicas del Distrito.				

En el siguiente cuadro comparativo se observa en mayor detalle el nivel de ahorro alcanzado con nuestra alternativa, sin enumerar los incontables beneficios que tiene desde el punto de vista rapidez, mantenimiento y calidad.

Tabla 13 Comparativo Norma T 1350 Vs Alternativa MDC

COMPARATIVO NORMA T-1350 Vs ALTERNATIVA MDC				M2
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	V. UNITARIO	VALOR %	% AHORRO
Norma T-1350	m ²	65790.64	100 %	0 %
Mezclas MDC	m ²	58710.64	88 %	12 %
Nota: En los anexos se encuentra el análisis unitario que soporta los valores.				

Comparando las dos opciones, observamos que usando nuestra alternativa de pavimentar con mezclas MDC, se obtiene un porcentaje de ahorro del 12 % por m², que es un valor importante si consideramos que el ítem de pavimentos dentro del presupuesto de la primera etapa de la Ciudadela el Recreo de Metrovivienda ocupa el primer lugar en costos, lo cual equivale al 17.18% del presupuesto total.

En números tenemos que los pavimentos de la primera etapa del Recreo costaron \$2759'912.000 millones de pesos (17.18%), lo que nos indica que usando nuestra

alternativa se tendría un ahorro total de \$331'189.440 millones de pesos (12%), que es un monto bastante alto e importante de considerar.

6.6.2 REDES ELÉCTRICAS

El tema de redes eléctricas fue desarrollado con la ayuda del ingeniero Francisco Acosta, del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes, el cual tiene una basta experiencia en el diseño de redes eléctricas y fue el principal soporte para el desarrollo de estas alternativas referentes al tema.

En primer lugar es bueno considerar que en el tema de redes eléctricas es muy poco lo que se puede innovar, ya que la principal innovación que se esta aplicando en el momento es la subterranización de las redes de servicios públicos, por orden del Plan de Ordenamiento Territorial (P.O.T), y esto por supuesto cobija a las redes eléctricas.

Esta subterranización de las redes eléctricas y en general de todos los demás servicios públicos, aunque mejora la estética de la ciudad, es muy poco lo que nos aporta en nuestra investigación de sustituciones económicas (Ingeniería del Valor) que aumenten el valor del proyecto; Porque es bien sabido que resulta mucho más costoso una red subterránea, que una red aérea, es por tal motivo que hemos planteado las dos siguientes alternativas que son las que mejor se ajustan a nuestras necesidades actuales de economizar, sin disminuir la calidad; y las desarrollaremos a continuación:

- Mantener las redes eléctricas aéreas, no subterranizar.
- Sustituir materiales actuales (Postes Metálicos).

Mantener las Redes Eléctricas Aéreas

Actualmente Metrovivienda esta trabajando sobre este esquema de prestación de servicio eléctrico, que como dijimos anteriormente no es el sistema mas estético, pero si el mas económico para aplicar en viviendas de interés social, bajo esta premisa y analizando los costos que representa la subterranización de la red eléctrica que incluye:

- Excavación.
- Suministro de materiales (arena, relleno fluido, tubería de 4", etc.).
- Mano de obra subterranizar Tubería de 4".
- Reponer los acabados de los andenes que intervengamos.
- Construcción de mini estaciones para bajar los transformadores (incluye cerramiento).
- Construcción de cajas de Inspección máximo cada 100 metros.
- Costos de mano de obra para sondear e introducir el cableado eléctrico.

Mientras que contemplando la solución aérea, tan solo debemos considerar los siguientes costos:

- Compra de los postes en concreto de 10 metros.
- Mano de obra de colocación.
- Mano de obra de tendido del cableado eléctrico.
- Otros (flanches, sujetadores, cierres, etc.)

A continuación presentaremos un comparativo en costos de las dos alternativas planteadas en el tema de redes eléctricas y el porcentaje de ahorro que se logra con nuestra recomendación:

Tabla 14 Comparativo Costos Redes Eléctricas

COMPARATIVO ALTERNATIVAS REDES ELÉCTRICAS				ML
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
Red Subterránea	ml	1	100009	100009
Red Aérea	ml	1	61194	61194
Nota: En los anexos se encuentra el análisis unitario que soporta los valores.				

Se observa que el costo de la subterranización, supera por un amplio margen el costo de las redes aéreas, nuestra recomendación después de un análisis detallado con el Ingeniero Francisco Acosta, es mantener el sistema actual de redes aéreas eléctricas, porque resulta mas económico y esto al fin de cuentas es lo mas importante en la construcción de vivienda de interés social.

Utilizando el sistema tradicional de redes eléctricas aéreas se obtiene un ahorro del 40% en promedio, ahora el principal inconveniente de esta alternativa es el obligatorio cumplimiento del P.O.T para la ciudad de Bogotá, que fijo un plazo de 10 años a las empresas de servicios públicos para que subterranicen la totalidad de las redes existentes.

Para el caso concreto de la ciudadela el Recreo seria un ahorro de \$193'639.200, el principal problema surge en el momento en que se haga efectiva la orden de subterranizar redes, porque se perdería esta inversión inicial y seria necesario empezar de nuevo la canalización.

Por estos factores que hemos enunciado con la ayuda del ingeniero Acosta, es que consideramos dejar el tema de redes eléctricas, como uno de los que no aporta nada en el proceso de ingeniería de valor, porque no permite un ahorro económico y además tampoco tiene un valor agregado para el proyecto.

Sustituir Materiales Actuales (Postes Metálicos)

Aunque resulta más económico y práctico la utilización de postes metálicos, porque es más fácil su instalación, mantenimiento y fabricación; sin considerar que estaríamos mejorando considerablemente la calidad de los materiales; genera esta alternativa un inconveniente bastante molesto, y es que al utilizar estos postes se corre el riesgo que durante un aguacero fuerte con rayos, estos actúen como pararrayos, lo cual genera una descarga eléctrica sobre el sistema e inmediatamente se interrumpe el fluido eléctrico, sin contar el riesgo de incendio que se genera por las estructuras aledañas.

Otro inconveniente encontrado en el planteamiento de esta alternativa sería el riesgo de que los postes metálicos actúen como polo a tierra, como lo hace en una estructura la varilla Cooper Well de cobre, lo cual genera una descarga a tierra de gran voltaje, generando cortos circuitos y daños en aparatos eléctricos.

Por tales motivos esta alternativa no es viable para ser utilizada en líneas de transmisión de energía; pero puede ser aplicable en postes de alumbrado público e iluminación de áreas deportivas, alamedas, parques y otros.

6.6.3 REDES DE ACUEDUCTO

El tema de redes de acueducto fue desarrollado con la ayuda del ingeniero Bernardo Rodríguez Guzman, Egresado de la Universidad de los Andes, el cual tiene una buena experiencia en el diseño de redes de acueducto y alcantarillado y fue el principal soporte para el desarrollo de estas alternativas referentes al tema.

- Cambio de tanques de reserva de agua potable elevados.
- Sustituirlos por tanque subterráneos comunitarios con bombas de presión.

Cabe anotar que el planteamiento de esta alternativa contempla la construcción de tanques de reserva para agua potable subterráneos, pero no un solo tanque para la totalidad de la Ciudadela, sino un tanque de reserva para cada supermanzana (aproximadamente 242 unidades de servicio + salón comunal), con lo cual se minimiza el área de excavación y por consiguiente los gastos generados por el mismo concepto.

Otra ventaja que plantea esta solución, es el tema de la presión, que se resume en lo siguiente: actualmente la ciudad de Bogotá está trabajando con una columna de presión de 20 metros de agua a la entrada de cada vivienda, que es la presión para los próximos 8 años, lo cual quiere decir que para el año 2010 la presión se estabilizara a una columna de 15 metros de agua, con lo cual empezaran a aparecer problemas como el de los calentadores de paso de agua que están diseñados para trabajar con una columna de 17 metros de presión y para ese entonces la presión existente será insuficiente para satisfacer las necesidades de demanda.

Con nuestra alternativa se prevé este problema porque la presión será suministrada y controlada por un sistema de bombeo, terminando con los problemas de presión en las casas, donde en muchas ocasiones cuando hay racionamiento de agua, el sistema pierde presión y es necesario traer el agua desde sitios lejanos.

Alternativa 1: Tanque Bajo y Equipo de Presión con dos Motobombas

Tanque Bajo

Para la construcción del tanque bajo tenemos que contemplar que son 242 unidades de vivienda o servicio, con un promedio de 4 habitantes por unidad y un consumo promedio de 180 litros/habitante/día, con lo cual tenemos un consumo diario de:

$$CD = 242 \times 4 \times 180 \text{ Lt/hab/día} = 174240 \text{ Lt/día} = 174.240 \text{ m}^3/\text{día}$$

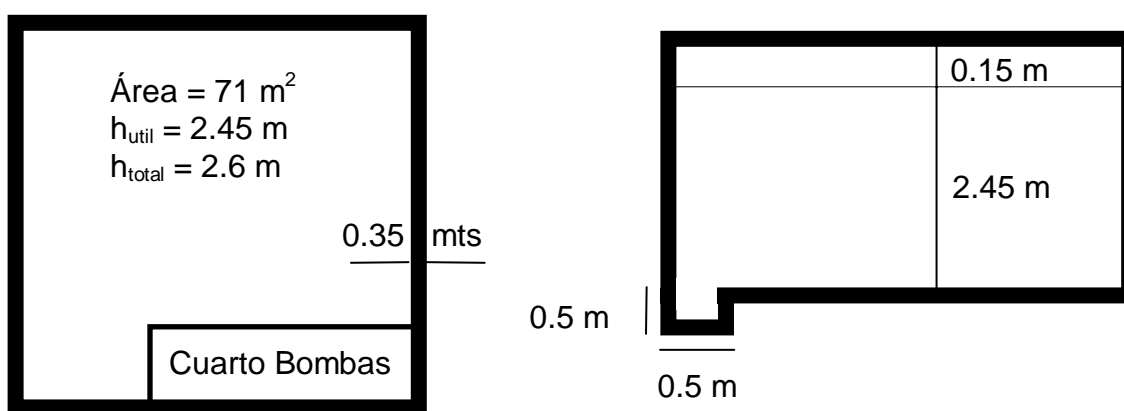
Reserva Requerida = 100 % CD = 174.240 m³/día

Ahora teniendo en cuenta que los tanques se construirían bajo cada uno de los salones comunales de cada supermanzana, y estos tienen un área interior de 71 m² (descontando el espesor de 0.35 metros de los muros), obtenemos:

$$h_{\text{util}} = 174.240 \text{ m}^3 / 71 \text{ m}^2 = 2.45 \text{ metros}$$

$$h_{\text{total}} = 2.6 \text{ metros}$$

Ilustración 4 Diagrama en Planta y Corte del Tanque Bajo



Analizando los costos que genera la construcción de este tanque bajo, llegamos al siguiente valor:

Tabla 15 Costo de Construcción del Tanque Bajo

COSTO DE CONSTRUCCIÓN TANQUE BAJO				UN
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
Tanque Bajo	Un	1	38'867.562	38'867.562
Nota: En los anexos se encuentra el análisis unitario que soporta los valores.				

Ahora veremos las características y costo del equipo de bombeo para sumárselo al valor del tanque y cuantificar el valor total de la alternativa.

Equipo de Bombeo

En primer lugar debemos calcular el caudal, bajo el cual trabajara nuestro grupo de bombas y las Cabezas de Trabajo:

$$Q = 1885.8 \text{ Lt/min.}$$

$$Q = 498 \text{ GPM} = 500 \text{ GPM}$$

$$C_{\text{estatica}} = 4.80 \text{ metros}$$

$$C_{\text{dinamica}} = 6.40 \text{ metros}$$

$$P_s / P_i = 20.00 \text{ metros}$$

$$C_{\text{total}} = 31.20 \text{ metros} = 35 \text{ metros aproximadamente}$$

Luego, con los anteriores datos podemos ver que como mínimo necesitamos una $P_i = 50$ psi y como máximo una $P_f = 70$ psi; y además observando que el caudal es demasiado grande podemos dividir el equipo de bombeo en dos bombas de 250 GPM cada una y un tanque hidroacumulador.

Consultando en empresas dedicadas a la fabricación de equipos de bombeo como Ignacio Gómez IHM S.A. y Barnes de Colombia S.A., obtuvimos que el equipo mas adecuado para nuestro caudal y presiones es el siguiente:

Sistema de presión de Agua¹⁷, modelo [5X20-18(2) L500(2) GS]. Pre - ensamblado, capaz de suministrar automáticamente una presión de 50-70 PSI. (35-49 Metros) y de 650 GPM.

¹⁷ IGNACIO GÓMEZ IHM S.A.
YESID HUMBERTO PINZÓN RIAÑO

Composición del Sistema

Dos motobombas, marca IHM, modelo 5X20-18, construcción standard en hierro, eje en acero al carbón soportado en rodamientos, anillos de fricción en bronce y sello mecánico, accionadas directamente por motores eléctricos SIEMENS trifásicos de 18.0 HP, 3500 R.P.M., 220/440 voltios, 3 fases, 60 hz, tipo cerrado TEFC, protección motor IP 54, aislamiento clase B, con eje soportado por rodamientos prelubricados.

Un tanque hidroacumulador marca IHM, modelo L500 con capacidad de 500 Litros, con membrana interna en Butyl.

Un tablero de control con maniobra Gold Star, para alternación manual de las motobombas.

Especificaciones y Condiciones De Operación De Las Motobombas

Líquido de Bombeo: AGUA

Capacidad total solicitada:	498	GPM	31.4	LPS.
Capacidad total suministrada:	640	GPM	40.3	LPS
Presión de Trabajo Ofrecida:	50-70	PSI	35-49	METROS

BOMBA ⇒	No.1		No.2	
MODELO ⇒	5X20-18		5X20-18	
TDH	50-70	PSI	50-70	PSI
CAUDAL	320	GPM	320	GPM
PORCENTAJE	64	%	64	%
POTENCIA	18	HP	18	HP
DIÁMETRO ROTOR	160	MM	160	MM
DIÁMETRO SUCCIÓN	2.5	" BRIDA	2.5	"
DIÁMETRO DESCARGA	2.0	" BRIDA	2.0	"
NPSN REQ.	4.3	METROS	4.3	METROS
NPSN DISP.		METROS		METROS

Control Del Sistema

La motobomba No. 1 se controlará por medio de un interruptor de presión marca FURNAS, el cual prenderá y apagará la bomba a la respectiva graduación de presión. 50-70 PSI. Las bomba No. 2 se controlará por medio de un interruptor de presión marca FURNAS, el cual prenderá y apagará la bomba a la respectiva graduación de presión. Su mecanismo asegura un desgaste y descalibración mínimos.

Un Interruptor de flotador marca SJE RHOMBUS del tipo electromecánico para controlar el bajo nivel crítico prefijado del tanque de abastecimiento, incluye 6.0 metros de cable sumergible.

Secuencia De Operación

A	De	0	a	320	G.P.M	Motobomba No. 1
B	De	320	a	640	G.P.M	Motobomba No. 1 y 2

Tanque Hidroacumulador

Se suministrará un tanque de alta presión marca IHM, modelo L-500 tipo hidroacumulador de 500 litros de volumen. Este tamaño permitirá que el equipo se encuentre apagado ahorrando energía durante el tiempo que se presenten caudales de bajo flujo.

- Incluirá membrana flexible recambiable anticontaminante en Butyl.
- Cuerpo del tanque construido en lámina de acero procesada por embutido, una sola unión central con soldadura Mig, la cual hace que este sea muy resistente a altas presiones.
- Boca de revisión bridada que permite una fácil inspección y retiro de la bolsa en el evento remoto de requerirse.

- Válvula de inyección para precarga de aire.
- Precargado y probado en fábrica.

Dimensiones Del Tanque Hidroacumulador

Altura : 1.51 Metros

Diámetro : 0.78 Metros

Volumen : 0.5 Metros³

Tablero Eléctrico Para Alternación Manual De Las Motobombas

Se suministrará un tablero eléctrico de control y mando construido en lámina cold-Rolled calibre 16 a la cual se le aplica un tratamiento de desoxidante - fosfatizante con anticorrosivo y acabado en color gris martillado. El tablero eléctrico permitirá:

- La operación automática, manual o apagado para cada una de las bombas.
- La operación secuencial y/o alternada del trabajo de las mismas.
- Fácil revisión de las condiciones eléctricas del voltajes y amperajes para cada uno de los motores del equipo.
- Conexión y desconexión general de c/u de las bombas por medio de los guardamotors ó BREAKERS del equipo.

Componentes del Tablero de Control

- Dos Breakers Guardamotors marca GOLD STAR, protecciones contra corto circuito, sobre carga, caída de fase, con indicador de salto de Rele, permite la conexión y desconexión eléctrica independiente de cada motobomba.
- Dos arrancadores termomagnéticos marca GOLD STAR, con bobinas a 220 voltios.
- Un selector interruptor ON-OFF de energizado y desenergizado.

- Dos selectores Manual off.
- Dos interruptores de operación Automático 1, Automático 2 y apagado manual, debidamente identificados con marquillas en acrílico.
- Dos interruptores de operación Manual - Apagado.
- Dos lamparas luminosas indicadoras de operación y apagado de las bombas.
- Dos bases portafusibles tipo Diazed, con sus respectivos fusible.
- Circuito de control cable No. 18 AWG en color rojo con amarres y montaduras plásticas.
- Plano de conexiones.
- Cerradura con llave.

Accesorios Hidráulicos Necesarios

- 2 Válvulas de pié en bronce de 4 " Diámetro.
- 2 Válvulas de cheque en bronce de 3 " Diámetro.
- 2 Válvulas de paso en bronce de 3 " Diámetro.
- 2 Válvulas de paso en bronce de 1 ½" para Hidroacumulador.
- 1 Válvula de paso de 1" para drenaje y pruebas del sistemas.
- 3 Manómetros Royal Gauge de 0-200 PSI, uno para cada motobomba y uno para el sistema.
- 1 Válvula de cheque tipo cortina en bronce de 1½"

Valor del Equipo Descrito

Valor Unitario	\$	8'330.000,00
Precios sin I.V.A (16%)	\$	8'330.000,00

Incluye

- Base común en acero estructural.
- Interconexiones en tubería galvanizada, entre la descarga de cada una de las bombas y los accesorios hidráulicos mencionados.
- Conexión para la descarga General en tubería galvanizada, incluye conexión standard para el Tanque hidroacumulador.

- Tablero de control y mando instalado sobre párales estructurales en ángulo.
- Tablero de Manómetros, debidamente instalado con las válvulas de paso del tipo de bola para protección de los mismos, interconectados con tubería de cobre.
- Instalación eléctrica entre los motores y el tablero de control y mando, debidamente instalados con corazas protectoras.
- Instalación hidráulica e eléctrica de los presostatos fijados al tablero.
- Conexiones para el cebamiento de las motobombas.
- Pintura anticorrosiva en la base y pintura general del equipo.

Luego después de analizar de manera individual cada uno de los componentes del sistema de bombeo con tanque bajo, obtenemos un valor total de la alternativa de:

Tabla 16 Valor Total de la Alternativa Tanque Bajo y Equipo de Bombeo

ALTERNATIVA TANQUE BAJO + EQUIPO BOMBEO				ML
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
Tanque Bajo	Un	1	38'867.562	38'867.562
Equipo Bombeo	Un	1	8'330.000	8'330.000
VALOR TOTAL				47'197.562
Nota: En los anexos se encuentra el análisis unitario que soporta los valores.				

A continuación desarrollaremos la alternativa que se esta trabajando actualmente, que es la de los tanques altos, con el fin de obtener su costo por supermanzana y poder realizar un comparativo con nuestra propuesta.

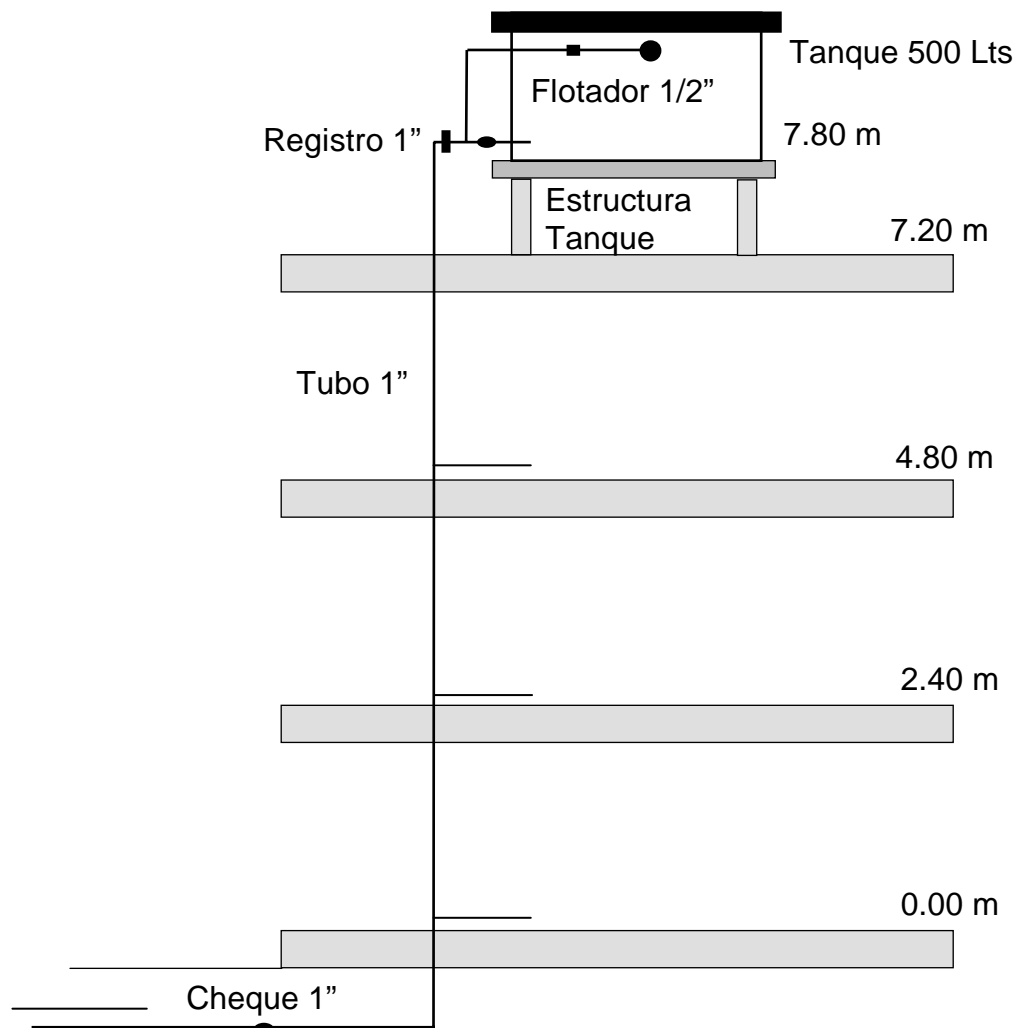
Alternativa 2: Tanque Alto en Cada Casa y sus Respective Accesorios

Esta alternativa que no contempla la utilización de un equipo de bombeo, suministra el agua a cada vivienda mediante la acumulación del agua en un tanque elevado de 500 litros, que deja caer el liquido por gravedad.

Partiendo de esta premisa se hace necesaria la construcción de dos submuraciones y una placa para soportar el peso del tanque en la parte alta de cada casa, sin contar los accesorios mínimos para la instalación como son los registros, cheques, flotadores y tubos.

Basados en un diseño mínimo, realizado con la ayuda del ingeniero Bernardo Rodríguez Guzmán y que presentamos a continuación, realizaremos la presupuestación para cada unidad de servicio y al final la multiplicaremos por las 242 que componen cada supermanzana.

Ilustración 5 Alternativa Tanques Altos



El funcionamiento de este sistema es muy sencillo, simplemente durante las horas de consumo bajo o nulo, el agua sube hasta el tanque debido a la mayor presión presente en el sistema, lo cual permite su llenado. Posteriormente cuando se consume es medio, el gasto de agua se hace directamente de la conexión que llega desde la calle; pero durante las horas de bajo consumo este caudal de llegada es insuficiente para suplir las necesidades del sistema, siendo hay donde se recurre a esa reserva que se tiene en cada casa.

A continuación presento los costos que generaría esta alternativa para compararlos con la alternativa del tanque bajo y poder sacar conclusiones:

Tabla 17 Costos de los Tanques Altos

COSTO TOTAL DE LA ALTERNATIVA TANQUES ALTOS				UN
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
Tanques Altos	Un	242	232447	56'252.174
Nota: En los anexos se encuentra el análisis unitario que soporta los valores.				

Como se puede ver resulta mucho más económico el desarrollo de la alternativa de los tanques bajos, sin volver a considerar los beneficios de presión que tendríamos. Además el tanque bajo se divide en dos (por eso las dos Motobombas), para que en caso de un mantenimiento se pueda continuar con el servicio desde el otro compartimiento del tanque y de esta manera evitar cortes en el servicio.

El ahorro es aproximadamente del 16%, que para el caso de la Ciudadela el Recreo se traduce en \$ 214'436.480 millones de pesos.

6.6.4 AGUAS LLUVIAS

El tema de aguas lluvias fue desarrollado con la ayuda del ingeniero Bernardo Rodríguez Guzmán, Egresado de la Universidad de los Andes, el cual tiene una

basta experiencia en el diseño de redes de acueducto y alcantarillado y fue el principal soporte para el desarrollo de estas alternativas referentes al tema.

En este campo nuestra principal recomendación se centra en el uso de canales para la recolección de aguas lluvias de escorrentía superficial y de las cubiertas de las casas; es una alternativa que en cuanto a calidad no tiene ningún reparo y además tiene un valor agregado para el proyecto, que es la mayor economía que se logra adoptando este sistema y no el tradicional de tuberías.

Aguas Lluvias con Canalización

Este no es un tema nuevo a desarrollar en los proyectos de Metrovivienda, se viene desarrollando desde los primeros diseños de la Ciudadela el Recreo. Pero presenta un inconveniente importante y es el siguiente; El urbanismo interior y exterior fue diseñado con este sistema de canales que colectan el agua lluvia desde un determinado punto y lo llevan hasta los colectores principales, pero debido a la falta de un control estricto sobre los constructores por parte de Metrovivienda, estos omitieron esta parte del diseño y lo adaptaron al sistema tradicional de recolección de aguas lluvias con rejillas que colectan el agua hasta una tubería que conecta al colector principal.

Esto ocurre en el urbanismo interior; en el exterior si se adopto el sistema de canales que llevan el agua por el borde de la calzada hasta los sumideros y estos a su vez la transportan hasta los colectores. Pero no todo es perfecto en este sistema, ya que no se controla la pendiente de las canales y en algunos sitios el agua se acumula, generando pozos sobre las vías y trayendo como consecuencia el deterioro del pavimento rápidamente.

Esto lo que nos permite ver es que el sistema en si es muy bueno, pero considerando factores tales como: seguir los diseños a cabalidad, respetar los

bombeos y peraltes de las vías, respetar las pendientes de las canales, correcto mantenimiento de los sumideros, etc.

Otro problema de la recolección de aguas lluvias es que Metrovivienda no permite que nos conectemos a la red de alcantarillado principal, es decir la que va sobre vías arterias o principales, trayendo como consecuencia que las casas que se encuentran ubicadas sobre estas vías, tengan un sistema diseñado para que atraviese la manzana hasta lograr conectarse con una red secundaria de recolección, trayendo sobre costos en tubería, mano de obra, excavación, etc.

Pero a pesar de todos estos inconvenientes mas de carácter formal, que técnico o económico, lo que nos permitimos demostrar es las ventajas del sistema de recolección de aguas lluvias con canales versus la recolección tradicional con tubería; y para esto cuantificamos el valor de las dos alternativas, para tener un concepto mas acertado sobre el tema.

A continuación presentaremos un comparativo en costos de las dos alternativas planteadas:

Tabla 18 Comparativo Alternativas de Aguas Lluvias

COMPARATIVO ALTERNATIVAS AGUAS LLUVIAS				ML
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
Canalización	ml	1	18648	18648
Tubería	ml	1	24307	24307
Nota: En los anexos se encuentra el análisis unitario que soporta los valores.				

Como se observa en el cuadro comparativo, el uso de un sistema de canalización de aguas lluvias permite ahorros en un 23% que para el caso en concreto de la ciudadela el Recreo se traduciría en un ahorro de \$499'529.640 millones de pesos,

ya que el costo total de las redes de aguas lluvias de la primera etapa fueron aproximadamente el 14% del presupuesto total.

6.6.5 ESPACIO PUBLICO

Realmente el tema de espacio publico es difícil de tratar, no porque exija un gran análisis, sino porque ya se viene trabajando con materiales como adoquín, ladrillo y concreto, que ofrecen los precios más bajos del mercado comparados con otras alternativas como granito, gravilla lavada, baldosín, etc.

Pero si enfocaremos este tema desde el punto de vista de reducción de los anchos con los cuales se trabaja en la actualidad y realizare un comparativo de costos de las diferentes opciones, para dejar a criterio de quien consulte esta investigación el uso de un material especifico y su costo correspondiente.

Acabados para Pisos de Andenes

Para la ejecución de los acabados de los andenes se conformaran cajas para la colocación del concreto, ladrillo o adoquín, perfectamente perfiladas, formando ángulos rectos y con sus bordes en línea recta, sobre las cuales se extenderá el material de acabado de los andenes.

No se permite construir rampas en material cerámico, porque puede producir superficies inclinadas lisas que pueden originar peligro para los peatones.

El ancho mínimo del anden será de 0.90 metros y la pendiente máxima no podrá exceder del 5%.

Andenes en Concreto 210 kg/cm² espesor 10 centímetros

El concreto que se utilizara para la construcción de los andenes deberá provenir de una central de mezclas suficientemente conocida y cuando se decida a realizar el mezclado de concretos en obra, se deberán respetar las siguientes proporciones:

Tabla 19 Proporciones de Mezcla para Fabricación de Concretos

RESISTENCIA			CEMENTO		ARENA		GRAVILLA		AGUA
PSI	KG/CM ²		KG	SACOS	M3	CARR	M3	CARR	GLS
4000	280	1:2:1.5	450	9.0	0.72	9	0.60	7	68.0
3500	250	1:2:2	420	8.5	0.67	8	0.67	8	59.1
3400	240	1:2:2.5	380	7.5	0.60	7	0.76	9	52.5
3100	220	1:2:3	350	7.0	0.56	7	0.84	10	49.0
3000	210	1:2:3.5	320	6.5	0.52	7	0.90	10	49.0
2800	200	1:2:4	300	6.0	0.48	6	0.95	11	42.0
2400	170	1:3:3	300	6.0	0.72	9	0.72	9	42.0
2000	140	1:3:5	230	4.5	0.56	7	0.92	11	31.5

Con los datos anteriores se prepara (1) metro cúbico de cada proporción. Debe tener una resistencia a rotura de cilindro estándar a 28 días de 280 kg/cm². Se debe adoptar un sistema de toma de muestras y rotura de cilindros que permita tener bajo control permanente la resistencia de los concretos.

En general y salvo indicaciones especiales, se tomaran muestras a razón de 3 cilindros por cada 10 metros cúbicos con el objeto de lograr roturas a los 7 y 28 días y disponer de una reserva de control.

Los promedios de resistencia serán calculados de acuerdo con las recomendaciones ACI 318 - 77. Cualquier anomalía registrada en las resistencias será sometida para estudio y dictamen acerca de las soluciones a tomar.

La consolidación del concreto se ejecutara por medio de vibraciones de tipo inversión que operen entre 7000 y 10000 R.P.M. Se debe tener cuidado de evitar en contacto de las cabezas vibratorias con las formaletas y con el hierro de refuerzo.

En ningún caso, los vibradores se usaran para transportar la mezcla dentro de la formaleta. El equipo de vibrado deberá ser accionado por electricidad o aire comprimido y de tipo interno. El tiempo de vibrado será el necesario para alcanzar la consolidación requerida sin que se presente segregación de los materiales.

Se podrán utilizar aditivos o acelerantes para el concreto cuando sea estrictamente necesario para mejorar las condiciones o propiedades de la mezcla. No se permitirán aditivos que contengan cloruro de calcio o sustancias corrosivas en las placas de concreto reforzado.

Ahora hablando de la solución en si, se plantea por parte nuestra la construcción de andenes en concreto de espesor 10 centímetros y resistencia indicada, el cual se construirá sobre una base de relleno fluido de 15 centímetros de espesor y 20 kg/cm² de resistencia, que a su vez estará sobre una base de recebo compactado de espesor mínima de 20 centímetros y de densidad del 90% del proctor modificado.

En los casos donde sea necesario el empate con el andén ya existente, esta junta deberá quedar debidamente alineada y perfilada y sus juntas de dilatación consecuentes con las ya existentes.

Cuando se construya andén nuevo se colocaran juntas de dilatación de asfalto líquido de 1 centímetro de espesor a lo ancho del andén y con una profundidad de 2.5 centímetros, o la encontrada en el sitio antes de realizar los trabajos.

El afinado del andén deberá efectuarse con llana metálica hasta lograr una superficie completamente lisa y nivelada para finalmente realizar el acabado del concreto con un cepillo de cerdas duras o un rastrillo metálico en su defecto, posteriormente se puede pasar un costal sobre la superficie para perfeccionar el acabado.

Anden en Ladrillo Tolete

Cuando se decide realizar un acabado de anden el ladrillo tolete, se deberá tener en cuenta la especificación del ladrillo; se utilizara ladrillo macizo fabricado a mano o maquina y sin perforaciones en su interior.

Deberá cumplir con la norma ICONTEC 451 tipo 1 para andenes y tipo 2 para calzadas, garantizando así una resistencia a la compresión de 200 kg/cm² y 300 kg/cm² respectivamente.

Sus dimensiones nominales serán 25 x 12 x 8 centímetros ó 25 x 12.5 x 7.5 centímetros.

Cuando se encuentra un anden ladrillo existente en el sitio de la obra, se debe tener en cuenta la especificación del ladrillo existente, para que el acabado de los pisos quede con la misma o mejor especificación al encontrado.

El ladrillo ira soportado sobre una base de relleno fluido de 15 centímetros de espesor y 20 kg/cm² de resistencia, sobre la cual se colocaran las piezas sobre un mortero de arena y cemento en proporción 1:3 de cuatro (4) centímetros de espesor, formando la geometría y figuras del piso deseado o encontrado.

La juntas se revocaran y limpiaran de imperfecciones dejadas por el mortero u otro material que pueda adherirse y manchar el ladrillo.

Anden en Tableta Cerámica

Para los andenes en tableta cerámica también se debe tener en cuenta la especificación de la misma, mas aun cuando en el sitio de la obra ya existen

andenes en este acabado, con el fin de que la apariencia final sea la misma o mejor de la encontrada en el lugar de los trabajos.

Igualmente se debe aplicar una capa de relleno fluido de 15 centímetros de espesor y 20 kg/cm² de resistencia que servirá de base para la tableta; posteriormente se instalara la tableta, adherida con un mortero de arena y cemento en proporción 1:3 de dos (2) centímetros de espesor, colocada en la forma deseada o igual a la encontrada en la obra inicialmente.

Ejecutado el piso se revocará las juntas y limpiara la superficie del mortero u otro material que pueda adherirse y manchar la tableta.

Anden Granito Lavado y Pulido

Ocasionalmente se utilizan acabados en granito pulido, pero para uso en urbanismo de vivienda de interés social no es recomendable por su costo mas elevado, sin embargo lo planteamos como alternativa, ya que nos ofrece un punto de comparación frente a las demás opciones planteadas.

Cuando se encuentran acabados en granito pulido se deben respetar las especificaciones del granito existente, con el fin de que quede con la misma o mejor especificación de la encontrada.

A la base de relleno fluido de 15 centímetros de espesor y 20 kg/cm² de resistencia se le colocara el granito sobre un mortero de arena y cemento en proporción 1:3 de tres (3) centímetros de espesor, formando la geometría y figurado del piso, posteriormente después del fraguado se pulirá para dar el acabado deseado.

Ejecutado el piso se revocará las juntas y limpiara la superficie del mortero u otro material que pueda adherirse y manchar el granito.

Anden Gravilla Lavada

La gravilla deberá ser material pétreo triturado o canto rodado y clasificado de elementos duros y limpios de polvo, materia orgánica y de otras sustancias de carácter nocivo, que cumpla con la norma AASHO M-80-70, ó ICONTEC 174.

No deberá contener piedra o mica desintegrada, ni cal libre, ni se aceptaran piedras largas o alargadas. El agregado no deberá tener una piedra mayor al 40% en el ensayo de abrasión en la maquina de los Ángeles. Su gradación deberá ser la siguiente:

Tabla 20 Tamaño Máximo de los Agregados Anden Gravilla Lavada

TAMIZ		TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO (Mm)				
Mm	Pulgadas	19	25	38	50	65
38.1	1.5"		100	95-100		35-60
25.4	1"	100	95-100		35-60	
19.05	3/4"	90-100		35-60		10-40
12.7	1/2"		25-60		10-30	
9.525	3/8"	20-55		10-30		0-15
No. 4		0-10	0-10	0-5	0-5	0-5

Se debe tener presente que los pisos en gravilla lavada comúnmente presentan diferentes granulometrías, por lo cual se deben tener en cuenta las especificaciones presentadas anteriormente, para que al ser colocado la apariencia final sea pareja y sin cambios de tonalidad.

A la base de relleno fluido de 15 centímetros de espesor y 20 kg/cm² de resistencia se le colocara la gravilla lavada sobre un mortero de arena y cemento en proporción 1:3 de tres (3) centímetros de espesor dándole el acabado deseado.

Ejecutado el piso se revocará las juntas y limpiara la superficie del mortero u otro material que pueda adherirse y manchar la gravilla.

Anden Adoquín

El acabado en adoquín es el de uso más común dentro de las obras de urbanismo adelantadas por las empresas del distrito capital (Transmilenio, Metrovivienda, etc.), ya que es de fácil instalación sobre bases de mortero o de arena y proporciona unos rendimientos bastante buenos con respecto a las demás alternativas planteadas.

Se puede instalar sobre una base de relleno fluido de 15 centímetros de espesor y 20 kg/cm² de resistencia para el caso de andenes y sobre una base de relleno fluido de 30 centímetros de espesor y 30 kg/cm² de resistencia para el caso de las calzadas. La función de este relleno fluido es soportar las cargas ejercidas.

Para el caso de los andenes se puede instalar opcionalmente sobre una capa de arena de tres (3) centímetros de espesor o sobre un mortero de arena y cemento en proporción 1:3 de tres (3) centímetros de espesor formando la geometría y figuras deseadas.

Ejecutado el piso se revocará las juntas y limpiara la superficie del mortero u otro material que pueda adherirse y manchar el adoquín.

Especificaciones de los Morteros Utilizados

Los morteros utilizados cumplirán con las siguientes proporciones:

Tabla 21 Proporciones para la Fabricación de Morteros

PROPORCIÓN	CEMENTO		ARENA	
	Kg	SACOS (50 Kg)	M3	CARRETILLAS
1:2	626	12.5	0.97	12
1:3	454	9.0	1.09	13
1:4	364	7.2	1.16	14
1:5	302	6.0	1.18	14.5

Con estas cantidades se prepara (1) metro cúbico de cada proporción. El agua que se adiciona a cada mezcla será la necesaria para que el mortero se pueda utilizar fácilmente. Además el agua para usar en los morteros y concretos deberá ser limpia, libre de aceite, ácidos, sales, álcalis, limo, materia orgánica y otras impurezas. No se exige ningún análisis químico al agua a utilizar, a no ser que se observe muy contaminada a simple vista.

El cemento que se emplee debe ser tipo Portland normal, tipo 1, de una marca acreditada que cumpla con las especificaciones M - 85 - 70 de la AASHO, o con las normas ICONTEC 121 y 321.

La arena para concretos y morteros deberá ser limpia, silicosa y lavada, de granos duros y libres de polvos, esquistos, pizarras, álcalis, ácidos, materias orgánicas y sustancias nocivas. Deberá cumplir con la norma AASHO M-6-65 ó ICONTEC 174. El modulo de finura deberá estar comprendido entre 2.5 y 3.0; y su gradación será la siguiente:

Tabla 22 Gradación de la Arena Utilizada

TAMIZ	% QUE PASA DE AGREGADO FINO
No. 4	95 - 100
No. 8	70 - 90
No. 16	45 - 80
No. 30	25 - 55
No. 50	10 - 30
No. 100	2 - 10
No. 200	0 - 5

A continuación presento un comparativo entre las diferentes alternativas, para poder determinar cual es la que resulta más favorable tanto en costo, como en calidad y así poder hacer la mejor recomendación a utilizar en la construcción de urbanismo para vivienda de interés social.

Tabla 23 Comparativo de las Alternativas de Andenes

COMPARATIVO ALTERNATIVAS ANDENES				M2
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V UNITARIO	V. PARCIAL
Anden Concreto	m ²	1	30196	30196
Anden Ladrillo Tolete	m ²	1	21250	21250
Anden Tableta Cerámica	m ²	1	31324	31324
Anden Granito Lavado y Pulido	m ²	1	40343	40343
Anden Gravilla Lavada	m ²	1	16785	16785
Anden Adoquín	m ²	1	29350	29350
Nota: En los anexos se encuentra el análisis unitario que soporta los valores.				

Como se puede observar la opción más favorable a adoptar sería el anden en Gravilla lavada, que actualmente no está siendo utilizado en las ciudadelas de Metrovivienda.

Ellos utilizan en su mayoría el anden concreto y el anden adoquín que tienen un precio muy similar por m², \$30196 y \$29350 respectivamente; y nuestra opción tiene un valor de \$16785 / m², con lo cual estaríamos ahorrando cerca de un 40%, que para el caso concreto de la primera etapa de la ciudadela el recreo se traduce en un ahorro potencial de \$519'892.800 millones de pesos, mas si tenemos en cuenta que el espacio publico ocupa el segundo lugar de importancia dentro del presupuesto con un porcentaje del 18.18% del total

Ahora de este comparativo de alternativas, también podemos sacar en claro que alternativas como la del anden en granito lavado y pulido resultan inviables por su

elevado costo y la complejidad y bajo rendimiento que ofrecen en su instalación; Sin sumar los gastos de mantenimiento.

Sardineles

El sardinel será continuo y homogéneo en la fundida del concreto y llevara la misma curvatura del anden resultante de la construcción de la rampa.

Los Sardineles se construirán en concreto de 210 kg/cm^2 con flejes en hierro de $3/8''$ cada 20 centímetros y tendrán una altura de 40 centímetros y un ancho de 15 centímetros en el borde superior, los cuales serán redondeados.

Llevaran como base relleno fluido de 15 centímetros de espesor y 20 kg/cm^2 de resistencia que a su vez estará sobre una capa de recebo seleccionado compactado de espesor 20 centímetros, compactado con maquina únicamente y su densidad de campo no podrá ser menor del 90% de la máxima densidad del proctor modificado.

Se utilizara para su construcción formaletas metálicas impregnadas con grasa o A.C.P.M., la cual se asegurara en forma que garantice su correcta estabilidad para evitar posibles ondulaciones en el terminado del sardinel.

Opcionalmente se utilizan Sardineles prefabricados de similares características y especificaciones, y su costo resulta más favorable que el construido in situ. A continuación presentamos el comparativo de las dos alternativas:

Tabla 24 Comparativo Precios de Sardineles

COMPARATIVO ALTERNATIVAS SARDINELES				ML
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
Prefabricado	ml	1	22594	22594
Construido In Situ	ml	1	26225	26225
Nota: En los anexos se encuentra el análisis unitario que soporta los valores.				

Observando el anterior cuadro comparativo de las dos alternativas planteadas en el tema de Sardineles, se ve que el sardinel prefabricado resulta más conveniente desde el punto de vista económico y nos ofrece además un valor agregado que es su excelente rendimiento versus el sardinel de concreto fundido in situ.

Los precios suministrados de cada una de las dos opciones incluye materiales, mano de obra y equipo. La unidad de medida será el metro lineal (ml) y la medición será el resultado de tomar la suma de las longitudes sin importar su altura o ancho.

El sardinel prefabricado nos ofrece un ahorro a la vista del 14% aproximadamente, que como dije anteriormente, considerando que la inversión en espacio publico ocupa el segundo lugar en el presupuesto con un 18.18% y sobre ese valor los Sardineles costaron un 10%, esto se traduce en un ahorro cercano a los \$36'392.496 millones de pesos, que puede que no resulte una cifra muy atractiva, pero compensa con el dinero ahorrado por concepto de mejor rendimiento y mayor maniobrabilidad y flexibilidad; que no nos ofrece el sardinel fundido in situ.

7. CONCLUSIONES

Estas conclusiones, pretenden brindar un resumen de los resultados obtenidos, del aporte y de las enseñanzas dejadas durante el desarrollo de la investigación.

En primer lugar el Autor quiere resaltar que esta investigación permitió plasmar su conocimiento en los diversos temas tratados y por consiguiente la mayoría de los aportes dejados en el contenido de la tesis obedecen a la experiencia personal como interventor de canalizaciones en la Empresa de Teléfonos de Bogotá, donde se tratan temas como: Recuperación de Andenes, Manejo del Espacio Publico y Vías.

En los temas en los cuales el Autor no tenia conocimientos específicos, se recurrió a la ayuda de ingenieros de basta experiencia como propietarios, constructores, diseñadores e interventores; Esto da buena fe que las recomendaciones presentadas son confiables y son resultado de la experiencia y el conocimiento (registro histórico) de los diversos integrantes del equipo de trabajo.

Entrando ya en los resultados propios de la investigación, se puede anotar que por pequeños que parezcan los ahorros que deja una determinada alternativa, no se deben despreciar, porque al final al sumar el valor total de los ahorros logrados por todas las alternativas, se pueden conseguir ahorros significativos.

Además se comprobó que en ningún momento se sacrifico calidad a cambio de economía, y que por el contrario se intento elevarla o por lo menos conservarla; ya que esta es una de las premisas de la Ingeniería de Valor.

Ahorros Conseguídos con la Ingeniería de Valor

Analizando los ahorros conseguidos en cada una de las alternativas, pretendo presentar un resumen general del porcentaje de ahorro logrado mediante esta metodología en el tema de Urbanismo para Vivienda de Interés Social.

Tabla 25 Ahorros Logrados con la Aplicación de la Ingeniería de Valor

AHORRO LOGRADO CON LAS ALTERNATIVAS			
CAPITULO	UNIDAD	% AHORRO	AHORRO
Pavimentos	m ²	12 %	\$ 331'189.440
Redes Eléctricas	ml	40 %	\$ 193'639.200
Redes Acueducto	un	16 %	\$ 214'436.480
Aguas Lluvias	ml	23 %	\$ 499'529.640
Espacio Publico			
Andenes	m ²	40 %	\$ 519'892.800
Sardineles	ml	14 %	\$ 36'392.496
AHORRO TOTAL			\$ 1795'080.056
Nota: Valores en Millones de Pesos (sacados de cada capitulo).			

El cuadro anterior nos permite ver que dentro de todas las alternativas planteadas, existen unas que generan un ahorro significativo dentro del análisis realizado de aplicación de Ingeniería de Valor, es así como en primer lugar de ahorro se encuentra la alternativa de Espacio Publico, mas concretamente la parte de Andenes, que genera \$ 519'892.800 millones de pesos de economía.

En segundo lugar se encuentran la alternativa de Aguas Lluvias, que genera ahorros por \$ 499'529.640 millones de pesos.

En tercer lugar encontramos la alternativa de pavimentos, con un monto total de ahorro de \$ 331'189.440 millones de pesos y la alternativa de Redes de Acueducto que genera ahorros por \$ 214'436.480 millones de pesos.

Estas cuatro son las de mayor significancia dentro de la investigación; Después vienen alternativas como la de Redes Eléctricas que poco aportó, porque como se

explicó anteriormente sería una inversión perdida, ya que más adelante nos veríamos obligados por el P.O.T. a subterranizar las redes y se perdería esta inversión inicial de colocar las Redes Aéreas.

Y Finalmente la alternativa de Espacio Publico, concretamente los Sardineles que ofrece un ahorro muy bajo, pero que en el consolidado final aporta en el resultado del trabajo interdisciplinario.

Todos los valores se trabajaron sin incluir el I.V.A, por lo cual se debe considerar en el momento de tomar en consideración alguna de las alternativas planteadas para ser utilizada.

8. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones presentadas a continuación buscan de fondo dejar un soporte estable para aquellas personas que en un futuro decidan continuar con el trabajo realizado, dadas la experiencias y aprendizaje dejado por la presente tesis.

En primer lugar hay que tener muy presente que se trabajo única y exclusivamente con los diseños y presupuestos de la primera etapa de la Ciudadela el Recreo de Metrovivienda, actualizados hasta el mes de Diciembre del año 2001. Se limito la investigación de esta manera, porque fue difícil la labor de consecución de la información, ya que Metrovivienda no tiene ningún lazo con nuestro equipo de trabajo y tan solo nos estaban prestando una colaboración dentro de sus posibilidades.

Una recomendación importante es que en el momento de cuantificar las alternativas, se manejo ejemplificando específicamente la Ciudadela el Recreo de Metrovivienda, por eso los análisis unitarios presentados pueden cambiar en el momento de ser aplicados en otros proyectos; queda a criterio de quien consulta la investigación la manera de aplicación de cada una de las alternativas y el estudio de las variaciones que pueden sufrir las mismas.

Los precios presentados son validos para el año de la presente investigación (2002), por lo tanto debido al continuo movimiento del mercado de la construcción, en el momento de ser consultados deben ser actualizados mediante cualquier sistemas de índices de construcción (Camacol, Construdata, Invias, etc.) o realizados de nuevo si ha transcurrido mucho tiempo desde que fueron costeadas las alternativas.

BIBLIOGRAFÍA

- ◆ Tesis Alternativas Económicas y Eficientes En La Urbanización Para Vivienda De Interés Social, Javier Humberto Cristancho Salas, Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Bogotá D.C., 2000.
- ◆ Vivienda de Interés Social, Inventario de Sistemas Constructivos, Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.
- ◆ Un Nuevo Método De Análisis Permite Ahorrar Dinero Sin Afectar La Calidad De La Obra. Diario Clarín Sección Arquitectura, Ingeniería, Planeamiento y Diseño. <http://www.clarin.ar>. Lunes 22 de enero de 2001.
- ◆ Página en Internet, <http://www.metrovivienda.gov.co>
- ◆ Barrie, Donald S., And Gordon L. Mulch, “ The Professional Construction Management Team Discovers Value Engineering “, Journal of the Construction Division, ASCE, Volumen 103, No C02, Septiembre de 1977.
- ◆ Dell’Isola, Alphonse J., “ A Value Engineering Case Study “, Heating, Piping and Air Conditioning, Junio de 1970, Páginas 50 - 54.
- ◆ Value Engineering in the Construction Industry, Construction Publishing Company., New York, 1974. (Now Van Nostrand Reinhold Company).
- ◆ Department of Defense (DOD) handbook “ Value Engineering “, 5010.8 - H, U.S. Government Printing Office, Superintendent of Documents, Washington, D.C., Septiembre 12 de 1968.

- ◆ Miles, Lawrence D., Techniques of Value Analysis and Engineering, Segunda Edición, Editorial Mc Graw Hill, Inc., New York, 1961.

- ◆ O'Brien, James J., Value Analysis in Design and Construction, Editorial Mc Graw Hill, Inc., New York, 1976.

- ◆ O'Connor, James T., Stephen E. Rusch, and Martín J. Schulz, "Constructability Concepts for Engineering and Procurement", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Volumen 113, No 2, Junio de 1987, Páginas 235 - 248.

- ◆ Value Engineering (Handbook), PBS P 8000.1 (Enero 12 de 1971) and Change 0.1 (Marzo 2 de 1973), U.S. General Services Administration, Washington, D.C.

- ◆ Value Engineering in Federal Construction Agencies, Symposium - Workshop Report No 4, National Academy of Sciences, Federal Construction Council, Building Research Advisory Board, Washington, D.C., Mayo de 1969.

- ◆ Manual de diseño de pavimentos para Santafé de Bogotá / Alcaldía Mayor de Santafé de Bogotá, I.D.U, Universidad de los Andes. Numero Topográfico 625.8B535. Bogotá (Colombia). Alcaldía Mayor.

REFERENCIAS

^{1 y 2} Metrovivienda 2002, Pagina en Internet <http://www.metrovivienda.gov.co>.

³ Echeverry 2002, Ingeniero Diego Echeverry Campos Ph. D., Notas de Clase de la Asignatura de Programación y Presupuestos en Construcción, Universidad de los Andes, Magíster en Ingeniería y Gerencia de Construcciones, Colombia, Bogotá, 2002.

⁴ Barrie, Donald S. and Paulson Boyd C., Professional Construction Management, Tercera Edición, Editorial Mc Graw Hill, United States of América, 1992.

⁵ Techniques of Value Analisis and Engineering, Segunda Edición., Editorial Mc Graw Hill Book Company, New York, 1972.

⁶ Value Engineering in the Construction Industry, Construction Publishing Corp., Inc., New York, 1982. (With permission of Van Nostrand Reinhold Company).

⁷ William J. J. Gordon., Synetics, The Development of Creative Capacity, Harper & Row, New York, 1961.

⁸ James J. O'Brien., Value Analisis in Design and Construction, Paginas 12 - 14, New York, 1976.

⁹ Barrie, Donald S. and Paulson Boyd C., Professional Construction Management, Tercera Edición, Editorial Mc Graw Hill, United States of América, 1992.

^{10, 11, 12 y 13} Metrovivienda 2002, Pagina en Internet <http://www.metrovivienda.gov.co>.

¹⁴ Información suministrada en el numeral 5. METROVIVIENDA Y CIUDADELA EL RECREO, donde se describe detalladamente el proyecto.

¹⁵ Tema tratado con mayor detalle en la Tesis de Sonia González “Normatividad en Urbanismo”

¹⁶ Manual de diseño de pavimentos para Santafé de Bogotá.

¹⁷ Información suministrada por IGNACIO GÓMEZ IHM S.A. y BARNES DE COLOMBIA S.A., Empresas con amplia experiencia en temas hidráulicos y equipos de bombeo. 2002.

¹⁸ Norma T-1350 de la Secretaria de Obras del Distrito.

ANEXOS

ANEXO #1

Norma T-1350 de la Secretaria de Obras del Distrito

Los trabajos de pavimentación dentro del perímetro de la ciudad serán ejecutados de acuerdo a la norma T-1350¹⁸ de la Secretaria de Obras del Distrito, la cual se resume a continuación:

Esta norma contempla que para la capa de base, se debe utilizar una Base B-1350 con un espesor de 10 centímetros como mínimo y para la capa de rodadura se contemplan dos posibilidades; la primera es utilizar una rodadura 1350 de espesor 5 centímetros como mínimo o utilizar una rodadura 1150 también de 5 centímetros de espesor como mínimo.

El pavimento se construirá en dos capas, constituida cada capa por una mezcla de agregados y asfalto, preparada en planta y en caliente.

La capa inferior consistirá en una mezcla de piedra o de grava triturada, arena y asfalto.

La capa superior consistirá en una mezcla de residuo de trituración (arena de maquina), arena, llenante mineral si fuere el caso y asfalto.

En la construcción de las capas se seguirán los planos y perfiles correspondientes.

En la actualidad el I.D.U exige en vías principales espesores de 10 centímetros de base y de 5 centímetros de rodadura, es deber del contratista verificar las especificaciones consignadas en la licencia de excavación.

¹⁸ Norma T-1350 de la Secretaria de Obras del Distrito.

Los agregados que se usen estarán gradados para producir una mezcla que se ajuste a los siguientes límites de peso:

Tabla 26 Gradación de los Agregados Norma T - 1350

	TAMIZ CAPA INFERIOR	% QUE PASA CAPA SUPERIOR
1 1/2"	100	
No. 4	28 - 48	100
No. 10	14 - 34	
No. 40		60 - 90
No. 80		30 - 50
No. 200		10 - 20

Dentro de los límites especificados, se escogerá la mezcla de trabajo más apropiada.

Una vez fijada la composición de la mezcla de trabajo, las variaciones que se permiten son las siguientes:

Tabla 27 Variaciones en la Composición de la Mezcla

CAPA INFERIOR	CAPA SUPERIOR
Retenido tamiz No. 10 +/- 2.0 %	Retenido tamiz No. 200 +/- 2.0 %
Pasa tamiz No. 10 +/- 2.0 %	Pasa tamiz No. 200 +/- 1.5 %
Asfalto +/- 0.5 %	Asfalto +/- 0.5 %

Se define como agregado grueso todo el material retenido en el tamiz No. 10, consistente en piedra triturada, gravilla triturada o una mezcla de piedra o grava triturada cuyo porcentaje de desgaste en la Máquina de los Ángeles (Norma AASHTO T-90) sea menor de 40. La piedra se compondrá de elementos duros, limpios y durables; se hallaran libres de elementos alargados, de forma laminar, partículas desintegradas o en proceso de desintegración, bolas de arcilla, conglomeraciones de arcilla, tierra y elementos vegetales, elementos orgánicos, sustancias etéreas y en general material objetable.

El agregado será de un grado aceptable de uniformidad en cuanto a su calidad. Todas las partículas de grava que entren en la mezcla deberán tener al menos una cara fracturada. Se preferirá el agregado grueso que este gradado así:

Tabla 28 Gradación del Agregado Grueso

TAMIZ	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 8
% en peso que pasa	100	90 - 100	30 - 60	5 - 25	0 - 5

El residuo de trituración deberá ser limpio y se hallara completamente libre de materias extrañas. Se preferirá que pase íntegramente por el tamiz No. 4 y que por el tamiz No. 200 pase no menos del 10 % en peso.

Como aglomerante se usara un cemento asfáltico que se halle libre de agua. Que tenga una penetración (25°C, 100 gramos, 5 segundos) comprendida dentro de los siguientes limites: 50 - 60, 60 - 70, 70 - 85, 85 - 100.

El porcentaje de betún será determinado por los materiales y gradaciones que el contratista se proponga emplear en cada caso. El método de diseño recomendado es el establecido por Marshall. La interventoría obtendrá del contratista las muestras de agregados, de asfalto y de la mezcla que se propone utilizar en cada caso con la debida anticipación. La interventoría ordenara la ejecución de ensayos de laboratorio tanto de los agregados, como del asfalto y las mezclas para comprobar su calidad, e informara al contratista si las acepta o las rechaza.

La aceptación de los materiales o las mezclas por parte de la Secretaria de Obras Publicas no eximirá al contratista de su responsabilidad de suministrar materiales y mezclas que cumplan los requisitos de la norma T-1350.

Las curvas de gradación para la capa inferior y la de rodadura, deben acercarse lo más posible a una curva uniforme, y no se acepta que la gradación fluctúe del

máximo de un tamiz al mínimo del siguiente o viceversa para la fracción que pasa por el tamiz No. 4.

El asfalto se calentará en la planta a una temperatura entre 275°F y 330°F (135°C y 165°C), cuidando de verificar periódicamente la penetración del asfalto.

Los agregados se secarán y calentarán en la planta de manera que cuando se suministren al mezclador tengan la temperatura mas baja posible a la cual se puedan mezclar con el asfalto, no mayor de 340°F (171°C). Los agregados pueden ser administrados simultáneamente al secador, pero si no han sido proporcionados anteriormente, tendrán que ser tamizados después en una criba para clasificarlos y almacenarlos en las tolvas antes de pasar al mezclador.

Cada uno de los agregados y el asfalto se medirán separadamente y en forma precisa en las proporciones en que deben ser mezclados. Si la planta es del sistema de hornadas; los agregados se mezclarán en el mezclador por lo menos 15 segundos antes de agregar el asfalto. Después se seguirá mezclando durante 35 segundos o más si hay necesidad, hasta producir una mezcla homogénea en la cual todas las partículas del agregado mineral estén cubiertas uniformemente. En el caso de una planta de sistema continuo, el agregado se mezclara con el asfalto por lo menos durante 40 segundos o más, si hay necesidad, hasta producir una mezcla homogénea.

Los distintos ingredientes deben combinarse de manera que las mezclas a la salida del mezclador cumplan con los siguientes requisitos:

La estabilidad Hubbard - Field (140°F) para la capa de rodadura estará comprendida entre 3500 y 6000 libras. Con regularidad se hacen variaciones en el porcentaje de asfalto si es necesario alcanzar la estabilidad mínima requerida.

La estabilidad Marshall a 140°F deberá cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- Para capas de base y tránsito liviano a medio: 500 libras.
- Para capas de rodadura y tránsito liviano a medio: 100 libras.
- Para capas de base y tránsito pesado: 800 libras.
- Para capas de rodadura y tránsito pesado: 1500 libras.
- El porcentaje de densidad de mezclas compactadas, recuperadas del pavimento sobre muestras de mezclas compactadas en laboratorio será:
 - Del 95 % para todas las capas de rodadura y para capas de base con tránsito medio a pesado. Para capas de base con tránsito liviano a medio será del 90 %.
 - El valor del flujo para cualquier tránsito será inferior a 16, al medirlo en centésimas de pulgada.

Para la extensión de la mezcla se tendrá en cuenta:

- La mezcla llegará a la obra a una temperatura fijada no menor a 250°F (121°C).
- La colocación y extensión de la mezcla se hará con una máquina pavimentadora autopropulsada. La velocidad de la máquina pavimentadora cuando se halle extendiendo la mezcla será de 3 a 6 metros por minuto. Los últimos 15 centímetros de cada sección no serán cilindrados hasta que la otra sección haya sido colocada por la pavimentadora, teniendo cuidado en cilindrar los 15 centímetros de la primera sección que habían quedado sin pavimentar y así sucesivamente.

ANEXO #2

**METROVIVIENDA
PRESUPUESTO DE OBRA
URBANISMO SECUNDARIO PRIMERA ETAPA**

ITEM	ACTIVIDADES	Avenida Santa Fe	Avenida Bosa	Carreras									Calle			Total Acum Dic/01	ACUMULADO TOTAL	PORCENTAJES
				1	2	3	4	6	7	8	9	1	2	3				
1	Actividades preliminares	18.248	43.409	14.224	6.648	6.648	6.648	6.648	6.648	6.648	6.648	6.648	14.914	15.089	14.914	167.332	334.664	2,08%
2	Movimiento de tierra	24.187	28.489	8.535	7.782	218	6.236	2.691	3.603	0	4.529	4.605	4.554	38.928	134.357	268.714	1,67%	
3	Rellenos	221.332	285.147	62.667	19.293	38.490	56.507	47.353	57.483	19.459	26.856	131.431	162.915	126.872	1.255.805	2.511.610	15,64%	
4	Pavimentos	228.193	240.287	111.873	46.244	43.673	116.222	82.089	64.779	21.402	60.098	131.552	91.288	142.255	1.379.956	2.759.912	17,18%	
5	Redes Eléctricas	37.515	47.334	35.086	7.075	10.574	13.758	7.649	6.894	17.224	5.580	24.557	10.109	18.692	242.049	484.098	3,01%	
6	Redes Telefónicas	1.976	32.367	15.438	15.614	0	11.397	10.155	5.580	0	3.860	0	33.057	3.174	132.617	265.234	1,65%	
7	Redes de Acueducto	55.402	75.497	120.726	23.761	2.026	33.991	31.749	20.069	0	80.925	58.496	10.568	156.904	670.114	1.340.228	8,34%	
8A	Aguas Negras	45.775	0	16.269	73.055	0	63.030	44.268	46.097	0	50.842	68.315	0	0	407.650	815.300	5,08%	
8B	Aguas Lluvias	114.891	24.818	0	143.732	0	78.643	69.136	107.633	0	73.748	25.488	0	21.119	659.210	1.318.420	8,21%	
9	Red de Gas	1.027	1.755	2.687	1.070	414	214	0	1.078	0	635	0	392	400	9.674	19.348	0,12%	
10	Señales de Tránsito	4.117	6.176	4.117	2.059	1.647	2.882	2.882	4.117	0	2.882	4.117	2.059	4.117	41.171	82.342	0,51%	
11	Espacio público	217.688	218.831	59.962	42.187	34.081	91.941	85.822	74.282	36.769	72.153	142.364	80.999	142.654	1.299.732	2.599.464	16,18%	
12	Impacto ambiental	4.308	5.123	1.813	1.704	1.704	1.704	1.704	1.704	1.704	1.704	3.096	2.774	3.096	32.138	64.276	0,40%	
13	Ciclorruta	32.862	39.968	6.736	2.410	1.628	4.038	4.038	4.038	1.628	4.038	9.146	1.628	18.231	130.388	260.776	1,62%	
14A	Aguas Negras	572	0	114.015	409	0	599	572	517	0	490	1.471	0	0	118.645	237.290	1,48%	
14B	Aguas Lluvias	380	27	424.621	272	0	462	312	237	0	359	27	0	27	426.724	853.448	5,31%	
15	Ítems nuevos	208.473	251.135	15.714	12.428	67.575	13.014	15.479	11.331	68.437	10.006	37.144	116.708	96.174	923.617	1.847.234	11,50%	
	Total Costos Directos	1.216.947	1.300.362	1.014.483	405.743	208.677	501.286	412.546	416.090	173.270	405.352	656.724	532.139	787.558	8.031.179	16.062.358		
	25%	304.237	325.091	253.621	101.436	52.169	125.322	103.137	104.022	43.318	101.338	164.181	133.035	196.890	2.007.795	4.015.590		
	Valor total básico	1.521.184	1.625.453	1.268.104	507.178	260.847	626.608	515.683	520.112	216.588	506.690	820.905	665.174	984.448	10.038.974	20.077.948	100,00%	

Nota: Valores en Millones de Pesos.

ANEXO #3

ANÁLISIS DE FUNCIONES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PROYECTO "CUIDADELA EL RECREO (BOSA) DE METROVIVIENDA"

3. RELLENOS

ANALISIS DE FUNCION			TORMENTA DE IDEAS						
Verbo	Complemento		Calificacion						
			ALTERNATIVAS						
		Procentaje de Incidencia	Actual	Recebo B200	Recebo B600	Material Demolicion	Relleno Fluido	Material Seleccionado	Tierra
Reducir	Espesor	30%	2	3	4	3	2	3	2
Compactacion	Mayor	15%	3	3	4	3	2	4	4
Mejorar	Materiales	15%	2	2	3	2	3	2	3
Controlar	Humedad	15%	2	2	3	3	1	3	4
Mejorar	Calidad	15%	2	3	4	2	3	4	3
Controlar	Arcillas	10%	2	2	3	2	1	4	3
Puntaje		100%	2,15	2,15	3	2,3	1,6	2,65	2,55

4. PAVIMENTOS

ANALISIS DE FUNCION			TORMENTA DE IDEAS						
Verbo	Complemento		Calificacion						
			ALTERNATIVAS						
		Procentaje de Incidencia	Actual	Base B1350	Rodadura B1150	Afirmado	Concreto de 3000 psi	Base MDC 1	Rodadura MDC 2
Pavimentar	Despues	40%	2	3	4	5	1	4	3
Reducir	Anchos	20%	2	4	3	4	2	4	4
Reducir	Espesores	20%	3	3	4	2	2	5	5
Mejorar	Agregados	20%	3	4	3	4	3	5	5
Puntaje		100%	2,4	3,4	3,6	4	1,8	4,4	4

**ANÁLISIS DE FUNCIONES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS
PROYECTO "CUIDADELA EL RECREO (BOSA) DE METROVIVIENDA"**

5 . REDES ELECTRICAS

ANALISIS DE FUNCION			TORMENTA DE IDEAS						
Verbo	Complemento		Calificacion						
			ALTERNATIVAS						
		Procentaje de Incidencia	Actual	Redes Aereas	Redes Subterraneas				
Mantener	Sistema Actual	25%	2	4	2				
Disminuir	Longitudes	25%	2,5	4	4				
Organizar	Viviendas	25%	2	4	4				
Subterranizar	Despues	25%	2	4	2				
Puntaje		100%	2,125	4	3				

7 . REDES DE ACUEDUCTO

ANALISIS DE FUNCION			TORMENTA DE IDEAS						
Verbo	Complemento		Calificacion						
			ALTERNATIVAS						
		Procentaje de Incidencia	Actual	Tanques Aereos	Tanques Subterraneos				
Cambiar	Tanques	20%	2	2	4,5				
Cambiar	Ubicacion	20%	4	4	4				
Construir	Subterraneos	20%	2	2	4				
Usar	Bombeo	20%	3	3	4				
Reducir	Diametros	20%	2	2	3,5				
Puntaje		100%	2,6	2,6	4				

**ANÁLISIS DE FUNCIONES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS
PROYECTO "CUIDADELA EL RECREO (BOSA) DE METROVIVIENDA"**

8A . AGUAS NEGRAS

ANÁLISIS DE FUNCION			TORMENTA DE IDEAS						
Verbo	Complemento		Calificacion						
			ALTERNATIVAS						
		Procentaje de Incidencia	Actual	Sistema Separado	Sistema Combinado				
Reducir	Diametros	50%	3	3	2				
Combinar	Con Lluvias	50%	3	3	5				
Puntaje		100%	3	3	3,5				

8B . AGUAS LLUVIAS

ANÁLISIS DE FUNCION			TORMENTA DE IDEAS						
Verbo	Complemento		Calificacion						
			ALTERNATIVAS						
		Procentaje de Incidencia	Actual	Tuberia	Canaliza cion				
Usar	Canalizacion	50%	5	2	5				
Reducir	Diametros	50%	4	5	4				
Puntaje		100%	4,5	3,5	4,5				

**ANÁLISIS DE FUNCIONES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS
PROYECTO "CUIDADELA EL RECREO (BOSA) DE METROVIVIENDA"**

11 . ESPACIO PUBLICO

ANALISIS DE FUNCION			TORMENTA DE IDEAS						
Verbo	Complemento		Calificacion						
			ALTERNATIVAS						
		Procentaje de Incidencia	Actual	Adoquin	Tableta	Concreto 2500 psi	Asfalto		
Reducir	Anchos	40%	5	5	4	5	4		
Cambiar	Terminado	30%	5	5	3	3	2		
Mejorar	Afirmado	30%	3	3	4	3	3		
Puntaje		100%	4,4	4,4	3,7	3,8	3,1		

ANEXO #4

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.1	PAVIMENTO ASFALTICO	PAVIMENTO ASFALTICO BASE B 1350 ESPESOR 10 CMS	M2	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
PAVIMENTO ASFALTICO BASE B 1350 ESPESOR 10 CMS	M2	1,00	13800,00	13800,00
Subtotal				13800,00
MANO DE OBRA				
CUADRILLA COLOCACION	HH	0,17	40468,00	6744,67
ENSAYOS DE LABORATORIO	UN	0,01	10000,00	100,00
Subtotal				6844,67
EQUIPO				
COMPACTADOR CAT CS433C	H	0,08	82137,00	6844,75
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
Subtotal				6944,75
TRANSPORTE				
VOL. MACK	H	0,10	87559,00	8755,90
Subtotal				8755,90
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				36345,32

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.1	PAVIMENTO ASFALTICO	PAVIMENTO ASFALTICO BASE B 1350 ESPESOR 7 CMS	M2	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
PAVIMENTO ASFALTICO BASE B 1350 ESPESOR 7 CMS	M2	1,00	9660,00	9660,00
Subtotal				9660,00
MANO DE OBRA				
CUADRILLA COLOCACION	HH	0,17	40468,00	6744,67
ENSAYOS DE LABORATORIO	UN	0,01	10000,00	100,00
Subtotal				6844,67
EQUIPO				
COMPACTADOR CAT CS433C	H	0,08	82137,00	6844,75
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
Subtotal				6944,75
TRANSPORTE				
VOL. MACK	H	0,10	87559,00	8755,90
Subtotal				8755,90
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				32205,32

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.1	PAVIMENTO ASFALTICO	PAVIMENTO ASFALTICO BASE MDC 1 ESPESOR 7 CMS	M2	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
PAVIMENTO ASFALTICO BASE MDC 1 ESPESOR 7 CMS	M2	1,00	9450,00	9450,00
Subtotal				9450,00
MANO DE OBRA				
CUADRILLA COLOCACION	HH	0,17	40468,00	6744,67
ENSAYOS DE LABORATORIO	UN	0,01	10000,00	100,00
Subtotal				6844,67
EQUIPO				
COMPACTADOR CAT CS433C	H	0,08	82137,00	6844,75
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
Subtotal				6944,75
TRANSPORTE				
VOL. MACK	H	0,10	87559,00	8755,90
Subtotal				8755,90
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				31995,32

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.1	PAVIMENTO ASFALTICO	PAVIMENTO ASFALTICO RODADURA BASE B 1350 ESPESOR 5 CMS	M2	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
PAVIMENTO ASFALTICO RODADURA BASE B 1350 ESPESOR 5 CMS	M2	1,00	6900,00	6900,00
Subtotal				6900,00
MANO DE OBRA				
CUADRILLA COLOCACION	HH	0,17	40468,00	6744,67
ENSAYOS DE LABORATORIO	UN	0,01	10000,00	100,00
Subtotal				6844,67
EQUIPO				
COMPACTADOR CAT CS433C	H	0,08	82137,00	6844,75
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
Subtotal				6944,75
TRANSPORTE				
VOL. MACK	H	0,10	87559,00	8755,90
Subtotal				8755,90
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				29445,32

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.1	PAVIMENTO ASFALTICO	PAVIMENTO ASFALTICO RODADURA BASE B 1350 ESPESOR 3 CMS	M2	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
PAVIMENTO ASFALTICO RODADURA BASE B 1350 ESPESOR 3 CMS	M2	1,00	4140,00	4140,00
Subtotal				4140,00
MANO DE OBRA				
CUADRILLA COLOCACION	HH	0,17	40468,00	6744,67
ENSAYOS DE LABORATORIO	UN	0,01	10000,00	100,00
Subtotal				6844,67
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
COMPACTADOR CAT CS433C	H	0,08	82137,00	6844,75
Subtotal				6944,75
TRANSPORTE				
VOL. MACK	H	0,10	87559,00	8755,90
Subtotal				8755,90
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				26685,32

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.1	PAVIMENTO ASFALTICO	PAVIMENTO ASFALTICO RODADURA BASE 1150 ESPESOR 5 CMS	M2	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
PAVIMENTO ASFALTICO RODADURA BASE 1150 ESPESOR 5 CMS	M2	1,00	7250,00	7250,00
Subtotal				7250,00
MANO DE OBRA				
CUADRILLA COLOCACION	HH	0,17	40468,00	6744,67
ENSAYOS DE LABORATORIO	UN	0,01	10000,00	100,00
Subtotal				6844,67
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
COMPACTADOR CAT CS433C	H	0,08	82137,00	6844,75
Subtotal				6944,75
TRANSPORTE				
VOL. MACK	H	0,10	87559,00	8755,90
Subtotal				8755,90
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				29795,32

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.1	PAVIMENTO ASFALTICO	PAVIMENTO ASFALTICO RODADURA BASE 1150 ESPESOR 3 CMS	M2	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
PAVIMENTO ASFALTICO RODADURA BASE 1150 ESPESOR 3 CMS	M2	1,00	4350,00	4350,00
Subtotal				4350,00
MANO DE OBRA				
CUADRILLA COLOCACION	HH	0,17	40468,00	6744,67
ENSAYOS DE LABORATORIO	UN	0,01	10000,00	100,00
Subtotal				6844,67
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
COMPACTADOR CAT CS433C	H	0,08	82137,00	6844,75
Subtotal				6944,75
TRANSPORTE				
VOL. MACK	H	0,10	87559,00	8755,90
Subtotal				8755,90
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				26895,32

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.1	PAVIMENTO ASFALTICO	PAVIMENTO ASFALTICO RODADURA BASE MDC 2 ESPESOR 3 CMS	M2	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
PAVIMENTO ASFALTICO RODADURA BASE MDC 2 ESPESOR 3 CMS	M2	1,00	4170,00	4170,00
Subtotal				4170,00
MANO DE OBRA				
CUADRILLA COLOCACION	HH	0,17	40468,00	6744,67
ENSAYOS DE LABORATORIO	UN	0,01	10000,00	100,00
Subtotal				6844,67
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
COMPACTADOR CAT CS433C	H	0,08	82137,00	6844,75
Subtotal				6944,75
TRANSPORTE				
VOL. MACK	H	0,10	87559,00	8755,90
Subtotal				8755,90
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				26715,32

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.1	PAVIMENTO ASFALTICO	VIAS SIN CARPERA ASFALTICA	M2	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
CEMENTO ASFALTICO M-C-70	GL	0,35	25000,00	8750,00
Subtotal				8750,00
MANO DE OBRA				
CUADRILLA COLOCACION	HH	0,17	40468,00	6744,67
ENSAYOS DE LABORATORIO	UN	0,01	10000,00	100,00
Subtotal				6844,67
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
COMPACTADOR CAT CS433C	H	0,08	82137,00	6844,75
Subtotal				0,00
TRANSPORTE				
Subtotal				0,00
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				15594,67

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.2	REDES ELECTRICAS	SUBTERRANIZACION RED ELECTRICA	ML	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
ARENA	M3	0,075	19996,00	1499,70
RELLENO RECEBO B - 600 COMPACTADO MECANICAMENTE	M3	0,200	30515,10	6103,02
RELLENO FLUIDO 20 KG/CM2	M3	0,075	117521,25	8814,09
TUBERIA PVC 4" DIAMETRO (4 TUBOS)	ML	4,00	7480,20	29920,80
CONCRETO 3000 PSI	M3	0,08	192308,00	15384,64
CERRAMIENTO MALLA METALICA	M2	0,04	40000,00	1600,00
PLACA CONCRETO 140 KG/CM2 BASE CAJA DE PASO E=10 CM	M2	0,006	27286,35	163,72
MURO EN LADRILLO RECOCIDO DE 12 A 15 CMS ESPESOR	M2	0,032	17798,55	569,55
PAÑETE PARA MUROS EN MORTERO 1:4	M2	0,032	5494,65	175,83
JUEGO DE MARCO Y TAPA RECTANGULAR	UN	0,01	93421,65	934,22
Subtotal				65165,57
MANO DE OBRA				
EXCAVACION MANUAL EN TIERRA 0 A 2,5 MTS	M3	0,50	18123,00	9061,50
ROTURA CONCRETO	M3	0,08	71039,85	5683,19
CUADRILLA TENDIDO CABLEADO	HH	0,13	51804,00	6475,50
COLOCACION MARCO Y TAPA RECTANGULAR	JGO	0,01	16045,05	160,45
CUADRILLA COLOCACION	HH	0,10	40468,00	4046,80
Subtotal				25427,44
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
ZONDA PLASTICA O METALICA	DIA	0,01	56000,00	560,00
Subtotal				660,00
TRANSPORTE				
VOL. MACK	H	0,10	87559,00	8755,90
Subtotal				8755,90
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				100008,91

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.2	REDES ELECTRICAS	RED ELECTRICA AEREA	ML	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
POSTES EN CONCRETO DE 10 METROS	UN	0,0125	200000,00	2500,00
JUEGO DE FLANCHES, SUJETADORES Y CIERRES	UN	0,50	50000,00	25000,00
CONCRETO 3000 PSI	M3	0,02	192308,00	3846,16
PLACA CONCRETO 140 KG/CM2 BASE CAJA DE PASO E=10 CM	M2	0,006	27286,35	163,72
MURO EN LADRILLO RECOCIDO DE 12 A 15 CMS ESPESOR	M2	0,032	17798,55	569,55
PAÑETE PARA MUROS EN MORTERO 1:4	M2	0,032	5494,65	175,83
JUEGO DE MARCO Y TAPA RECTANGULAR	UN	0,01	93421,65	934,22
Subtotal				33189,48
MANO DE OBRA				
ROTURA CONCRETO	M3	0,025	71039,85	1776,00
COLOCACION MARCO Y TAPA RECTANGULAR	JGO	0,01	16045,05	160,45
CUADRILLA COLOCACION	HH	0,10	40468,00	4046,80
CUADRILLA TENDIDO CABLEADO	HH	0,17	51804,00	8634,00
EXCAVACION MANUAL EN TIERRA 0 A 2,5 MTS	M3	0,25	18123,00	4530,75
Subtotal				19148,00
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
Subtotal				100,00
TRANSPORTE				
VOL. MACK	H	0,10	87559,00	8755,90
Subtotal				8755,90
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				61193,37

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.3	REDES DE ACUEDUCTO	TANQUES ALTOS	UNIDAD DE SERVICIO	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
CHEQUE 1"	UN	2,00	40100,00	80200,00
TUBO 1"	ML	5,00	2900,00	14500,00
REGISTRO DE BOLA	UN	1,00	12200,00	12200,00
FLOTADOR 1/2"	UN	1,00	15300,00	15300,00
TANQUE 500 LITROS	UN	1,00	77000,00	77000,00
LADRILLO TOLETE (25 X 12 X 8 CM)	UN	24,00	350,00	8400,00
CONCRETO DE 2000 PSI	M3	0,08	187434,00	14994,72
Subtotal				222594,72
MANO DE OBRA				
OFICIAL	HH	2,00	4876,00	9752,00
Subtotal				9752,00
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
Subtotal				100,00
TRANSPORTE				
Subtotal				0,00
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				232446,72

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.3	REDES DE ACUEDUCTO	TANQUES BAJOS	UNIDAD DE SERVICIO	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
CONCRETO 210 KG/CM2	M3	71,00	251578,00	17862038,00
LADRILLO TOLETE (25 X 12 X 8 CM)	UN	1700,000	350,00	595000,00
MORTERO 1:3	M3	3,00	170295,64	510886,92
PUERTA METALICA	M2	5,00	35000,00	175000,00
CONCRETO 4000 PSI	M3	16,00	211308,00	3380928,00
Subtotal				22523852,92
MANO DE OBRA				
CUADRILLA COLOCACION	HH	250,00	40468,00	10117000,00
OFICIAL	HH	20,00	4876,00	97520,00
IMPERMEABILIZACION TANQUE	M2	230,00	5000,00	1150000,00
Subtotal				11364520,00
EQUIPO				
RETRO CAT 235D	H	5,000	189295,00	946475,00
VOL. MACK	H	46,00	87559,00	4027714,00
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,100	50000,00	5000,00
Subtotal				4979189,00
TRANSPORTE				
Subtotal				0,00
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				38867561,92

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.4	AGUAS LLUVIAS	AGUAS LLUVIAS CON CANALIZACION	ML	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
CAÑUELA PREFABRICADA 120 (30 X 22,5 X 80)	ML	1,00	15000,00	15000,00
Subtotal				15000,00
MANO DE OBRA				
CUADRILLA VARIOS	HH	0,13	17796,00	2224,50
EXCAVACION MANUAL EN TIERRA 0 A 2,5 MTS	M3	0,07	18123,00	1223,30
Subtotal				3447,80
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
Subtotal				100,00
TRANSPORTE				
TRANSPORTE	UN	0,10	1000,00	100,00
Subtotal				100,00
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				18647,80

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.4	AGUAS LLUVIAS	AGUAS LLUVIAS CON TUBERIA	ML	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
TUBERIA 6" DE GRES	ML	1,00	9772,00	9772,00
Subtotal				9772,00
MANO DE OBRA				
CUADRILLA VARIOS	HH	0,50	17796,00	8898,00
EXCAVACION MANUAL EN TIERRA 0 A 2,5 MTS	M3	0,30	18123,00	5436,90
Subtotal				14334,90
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
Subtotal				100,00
TRANSPORTE				
TRANSPORTE	UN	0,10	1000,00	100,00
Subtotal				100,00
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				24306,90

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.5	ESPACIO PUBLICO	ANDEN CONCRETO 210 KG/CM2	M2	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
CONCRETO 210 KG/CM2	M3	0,10	251578,00	25157,80
CEMENTO ASFALTICO M-C-70	GL	0,10	25000,00	2500,00
Subtotal				27657,80
MANO DE OBRA				
OFICIAL	HH	0,50	4876,00	2438,00
Subtotal				2438,00
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
Subtotal				100,00
TRANSPORTE				
Subtotal				0,00
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				30195,80

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.5	ESPACIO PUBLICO	ANDEN EN LADRILLO TOLETE	M2	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
LADRILLO TOLETE (25 X 12 X 8 CM)	UN	34,00	350,00	11900,00
MORTERO 1:3	M3	0,04	170295,64	6811,83
Subtotal				18711,83
MANO DE OBRA				
OFICIAL	HH	0,50	4876,00	2438,00
Subtotal				2438,00
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
Subtotal				100,00
TRANSPORTE				
Subtotal				0,00
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				21249,83

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.5	ESPACIO PUBLICO	ANDEN EN TABLETA DE CERAMICA	M2	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
MORTERO 1:3	M3	0,02	170295,64	3405,91
TABLETA DE CERAMICA (33 X 33 CM)	UN	9,00	2820,00	25380,00
Subtotal				28785,91
MANO DE OBRA				
OFICIAL	HH	0,50	4876,00	2438,00
Subtotal				2438,00
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
Subtotal				100,00
TRANSPORTE				
Subtotal				0,00
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				31323,91

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.5	ESPACIO PUBLICO	ANDEN GRANITO LAVADO Y PULIDO	M2	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
MORTERO 1:3	M3	0,03	170295,64	5108,87
GRANITO LAVADO	M3	0,06	100000,00	6000,00
Subtotal				11108,87
MANO DE OBRA				
CUADRILLA COLOCACION	HH	0,50	40468,00	20234,00
PULIDA DEL GRANITO	M2	1,00	2000,00	2000,00
PULIDORA DE GRANITO	H	1,00	5000,00	5000,00
Subtotal				27234,00
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,04	50000,00	2000,00
Subtotal				2000,00
TRANSPORTE				
Subtotal				0,00
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				40342,87

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.5	ESPACIO PUBLICO	ANDEN GRAVILLA LAVADA	M2	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
MORTERO 1:3	M3	0,03	170295,64	5108,87
GRAVILLA LAVADA	M3	0,06	80000,00	4800,00
Subtotal				9908,87
MANO DE OBRA				
OFICIAL	HH	1,00	4876,00	4876,00
Subtotal				4876,00
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,04	50000,00	2000,00
Subtotal				2000,00
TRANSPORTE				
Subtotal				0,00
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				16784,87

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.5	ESPACIO PUBLICO	ANDEN ADOQUIN	M2	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
MORTERO 1:3	M3	0,04	170295,64	6811,83
ADOQUIN TIPO IDU (20 X 10 CM)	UN	50,00	400,00	20000,00
Subtotal				26811,83
MANO DE OBRA				
OFICIAL	HH	0,50	4876,00	2438,00
Subtotal				2438,00
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
Subtotal				100,00
TRANSPORTE				
Subtotal				0,00
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				29349,83

ANALISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.5	ESPACIO PUBLICO	SARDINEL EN CONCRETO	ML	YHPR / Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
CONCRETO 3000 PSI	M3	0,10	192308,00	19230,80
FLEJES DE HIERRO DE 3/8"	KG	3,36	850,00	2856,00
FORMALETA METALICA SARDINEL	M2	0,80	2000,00	1600,00
Subtotal				23686,80
MANO DE OBRA				
OFICIAL	HH	0,50	4876,00	2438,00
Subtotal				2438,00
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
Subtotal				100,00
TRANSPORTE				
Subtotal				0,00
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANALISIS UNITARIO				26224,80

ANÁLISIS UNITARIO				
CODIGO	CAPITULO	NOMBRE	UNIDAD	FUENTE
6.6.5	ESPACIO PUBLICO	SARDINEL PREFABRICADO	ML	YHPR/ Los Constructores
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
MATERIALES				
SARDINEL PREFABRICADO 20 X 50 X 80	ML	1,00	21000,00	21000,00
MORTERO 1:3	M3	0,004	170295,64	681,18
Subtotal				21681,18
MANO DE OBRA				
OFICIAL	HH	0,17	4876,00	812,67
Subtotal				812,67
EQUIPO				
HERRAMIENTA MENOR	GLOBAL	0,002	50000,00	100,00
Subtotal				100,00
TRANSPORTE				
Subtotal				0,00
SUBCONTRATO				
Subtotal				0,00
TOTAL ANÁLISIS UNITARIO				22593,85