

**ANÁLISIS TÉCNICO ECONOMICO PARA EL USO DE ALTERNATIVAS DE  
DEMOLICIÓN EN EL EDIFICIO No. 19 JOSÉ CELESTINO ANDRADE DE LA  
PUJ.**

**OSCAR MAURICIO MAYA ROJAS**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**BOGOTÁ**

**2014**

**ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONOMICO PARA EL USO DE ALTERNATIVAS DE  
DEMOLICIÓN EN EL EDIFICIO No. 19 JOSÉ CELESTINO ANDRADE DE LA  
PUJ.**

**OSCAR MAURICIO MAYA ROJAS**

**DIRECTOR:**

**ING. YEZID ALEXANDER ALVARADO VARGAS**

**INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero Civil**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**BOGOTÁ**

**2014**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Bogotá, 9 de Diciembre de 2014.**

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	12
1.1. Introducción.....	12
1.2. Objetivos .....	14
1.2.1. Objetivo general.....	14
1.2.2. Objetivos específicos.....	14
1.3. Contenido.....	14
1.3.1. Antecedentes y Estado del Arte.....	14
1.3.2. Metodología .....	14
1.3.3. Aplicación Método Convencional.....	15
1.3.4. Aplicación Método Selectivo.....	15
1.3.5. Guía de Demolición .....	15
1.3.6. Análisis Beneficio Costo .....	15
1.3.7. Conclusiones y Recomendaciones.....	15
1.3.8. Bibliografía.....	15
2. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE.....	16
2.1. Introducción.....	16
2.2. Métodos de Demolición.....	22
2.2.1. Demolición convencional .....	22
2.2.2. Demolición selectiva.....	23
2.3. Técnicas de Demolición .....	25
2.3.1. Demolición por implosión.....	26
2.3.2. Demolición manual .....	26

2.3.3.	Hidrodemolición .....	27
2.3.4.	Demolición mecánica.....	28
2.3.5.	Corte y perforación con diamante .....	29
2.3.6.	Nacional.....	30
2.4.	Normatividad Internacional y Nacional .....	30
2.5.	Posibles Impactos Generados por obras de Demolición .....	34
2.6.	Estado del arte para métodos de demolición .....	35
2.6.1.	Parque Central de Ingenieros (Valencia, España).....	35
2.6.2.	Proyecto de Regeneración Urbana Cacém Polis Fase 2, Lisboa, Portugal.....	37
2.7.	Contexto Colombiano para Procesos en Demolición de Edificaciones ....	39
2.7.1.	Empresas de demolición en Colombia. ....	39
2.7.1.1.	Abecol Demoliciones y Construcciones S.A.S. ....	40
2.7.1.2.	Excavamos J.P. S.A.S.....	41
2.7.1.3.	Abastecer demoliciones E.U. ....	42
2.7.1.4.	Asimtex S.A.S. ....	42
2.7.2.	Lugares de Disposición Final de RCD .....	42
2.7.2.1.	Reciclados Industriales de Colombia S.A.S .....	43
2.7.2.2.	Agregados El Vínculo Ltda. ....	44
2.7.2.3.	Gravas Filauri S.A. ....	44
2.7.2.4.	Cemex de Colombia S.A. ....	45
2.7.2.5.	Constructora Especializada Ltda.....	45
2.7.2.6.	Resiescol S.A. ESP .....	45
2.7.3.	Proyectos de Demolición en Colombia .....	48
2.7.3.1.	Edificio El Pulpo PUJ (Bogotá, Colombia) .....	48

2.7.3.2.	Edificio Facultad de Artes PUJ (Bogotá, Colombia) .....	49
2.8.	Distribución de RCD en la demolición de Edificaciones .....	50
2.9.	Conclusiones del estado del arte .....	54
3.	METODOLOGÍA .....	56
3.1.	Caso de Estudio .....	56
3.1.1.	Descripción del edificio .....	57
3.1.2.	Características de la demolición del edificio .....	61
3.1.3.	Costos Estimados.....	61
3.1.4.	Cronograma de Demolición .....	61
3.2.	Costos de Demolición .....	62
4.	APLICACIÓN DEL METODO CONVENCIONAL Y SELECTIVO PARA ESTUDIO DE LA DEMOLICION EN UN EDIFICIO COMERCIAL.....	65
4.1.	APLICACIÓN MÉTODO CONVENCIONAL .....	68
4.2.	APLICACIÓN MÉTODO SELECTIVO.....	71
5.	GUÍA DE DEMOLICIÓN PARA EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C. PARA EL AÑO 2014-2015.....	76
5.1.	Introducción.....	76
5.2.	Recomendaciones de Seguridad .....	76
5.2.1.	Plan de Manejo de Transito .....	76
5.2.2.	Señalización de áreas de trabajo.....	78
5.2.3.	Equipo personal de seguridad (PPE).....	78
5.2.4.	Trabajo en Alturas .....	79
5.2.5.	Protección y prevención de incendios .....	81
5.3.	Requisitos Ambientales.....	81
5.4.	Plan de Gestión Ambiental.....	83
5.4.1.	Inspección Visual.....	84

5.4.2.	Identificación de materiales reutilizables o reciclables.....	85
5.5.	Sitios de disposición final en Bogotá D.C. para RCD's en el 2014 .....	86
5.6.	Sitios de Re-venta de materiales generados en la demolición.....	87
5.7.	Calculo de Áreas y Volúmenes .....	88
5.8.	Declaración Responsable del poseedor de RCD .....	92
5.9.	Marco legal.....	93
5.9.1.	Contratos .....	93
5.9.2.	Permisos.....	96
5.9.3.	Normatividad.....	97
5.10.	Proceso de desconstrucción .....	99
5.10.1.	Demolición de inmuebles de dos pisos .....	99
5.10.2.	Demolición de inmuebles de tres pisos o mas .....	100
5.11.	Anexos: .....	101
5.11.1.	Encuesta de Inspección .....	101
5.11.2.	Herramientas básicas necesarias .....	102
5.11.3.	Formato Registro en la Secretaría Distrital de Ambiente.....	103
5.11.4.	Formulario Único de Inscripción al Programa de Gestión Ambiental	105
6.	ANALISIS COSTO/BENEFICIO DE LOS DOS TIPOS DE DEMOLICIÓN ...	106
6.1.	Comparación Económica Demolición Convencional y Selectiva.....	108
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	111
8.	BIBLIOGRAFIA .....	113

## INDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Posibles Impactos generados en la obra.....	34
Tabla 2. Superficies Construidas, Proyecto de Demolición de Edificaciones en: Actuación “parque Central de Ingenieros” en Valencia .....	36
Tabla 3. Cronograma de demolición Edificios Parque Central de Ingenieros, Valencia.....	37
Tabla 4. Datos de entrada para estimar Duración de la Demolición Selectiva. ....	38
Tabla 5. Datos de entrada para estimar Duración de la Demolición Convencional. ....	38
Tabla 6. Distancia a los Sitios de Disposición Final desde el sitio de la Obra. ....	39
Tabla 7. Rendimientos demolición Nueva Facultad de Artes. ....	50
Tabla 8. Costos mano de obra. ....	62
Tabla 9. Costo alquiler maquinaria.....	63
Tabla 10. Elementos de Seguridad Industrial.....	63
Tabla 11. Distancia y honorarios de operadores de residuos.....	65
Tabla 12. Salarios legales mensuales legales vigentes de trabajadores. ....	66
Tabla 13. Rendimientos empresas Colombia y caso de estudio europeo. ....	67
Tabla 14. Costos alquiler de maquinaria. ....	67
Tabla 15. Rendimientos y tiempos de demolición convencional. ....	68
Tabla 16. Costos de transporte de materiales para la demolición convencional ...	69
Tabla 17. Costos mano de obra demolición convencional. ....	69
Tabla 18. Datos y cálculos de entrada para estimar el costo la demolición selectiva y la duración .....	72
Tabla 19. Venta y Costo de transporte de materiales para la demolición selectiva.. ..	73
Tabla 20. Costos mano de obra demolición selectiva .....	74
Tabla 21. Sitios de Disposición Final según tipo de Residuos generado. ....	86
Tabla 22. Destino y cantidad de materiales a reutilizar y para vertedero. ....	87
Tabla 23. Sitios para la re-venta de materiales generados en demoliciones. ....	88



Tabla 24. Encuesta de RCDs generados en la demolición .....	89
Tabla 25. Encuesta de RCDs Potencialmente Peligrosos.....	91
Tabla 26. Encuesta de Inspección .....	101
Tabla 27. Inventario de herramientas para demoliciones .....	102
Tabla 28. Formulario de Inscripción al programa de gestión ambiental .....	105
Tabla 29. Costo/Beneficio Demolición Selectiva .....	107
Tabla 30. Costo/Beneficio Demolición Convencional .....	107
Tabla 31. Costos globales demolición convencional y selectiva. ....	108

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Crecimiento anual del PIB de la construcción 2001-2013 .....	19
Figura 2. Comparación costos demolición selectiva y demolición convencional Alemania y Francia.....	21
Figura 3. Demolición convencional.....	23
Figura 4. Demolición selectiva.....	24
Figura 5. Demolición por voladura.....	26
Figura 6. Demolición manual.....	27
Figura 7. Hidrodemolición.....	28
Figura 8. Demolición mecánica. ....	29
Figura 9. Demolición corte diamante.....	30
Figura 10. Demolición del edificio José Celestino Andrade PUJ.....	40
Figura 11. Ubicación Sitios de Disposición Final Bogotá. ....	47
Figura 12. Edificio El Pulpo.. ....	48
Figura 13. Casa Coral, Edificio No. 4 y Hangar.....	49
Figura 14. Distribución de masa de los materiales generados por la desconstrucción de los 29 edificios de la secundaria Galilée.....	51
Figura 15. Composición residuos de demolición edificio residencial.....	52
Figura 16. Distribución de RCD.....	53
Figura 17. . Distribución de RCD.....	53
Figura 18. Distribución de RCD.....	54
Figura 19. Javeturismo.....	57
Figura 20. Piso 1 Edificio José Celestino Andrade.....	58
Figura 21. Segundo piso Edificio José Celestino Andrade.....	59
Figura 22. Piso 2 Edificio José Celestino Andrade.....	59
Figura 23. Piso 3 Edificio José Celestino Andrade.....	60
Figura 24. Piso 3 Edificio José Celestino Andrade.....	60
Figura 25. Cronograma Demolición Convencional .....	70
Figura 26. Cronograma Demolición Selectiva. ....	75

Figura 27. Fotografías de las partes que conforman el Equipo Básico de Seguridad.....	79
Figura 28. Materiales reutilizables generados en las demoliciones.....	85
Figura 29. Comparación Demolición Convencional y Selectiva Edificio José Celestino Andrade .....	109
Figura 30 .Comparación Demolición Convencional y Selectiva Edificio Escolar .	109

# 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

## 1.1. Introducción

En el mundo la necesidad de realizar demoliciones a estructuras y edificaciones al final de su vida útil ha generado significativos avances en investigación en este campo. La preocupación de expertos en encontrar mejores métodos de demolición tanto económica como ambientalmente, se han motivado factores como el riesgo de colapso inminente o por planes de expansión y mejoras en las ciudades. Son varios los trabajos de investigación realizados en Europa (Coelho & de Brito, 2011) (Lourenço, 2007) (Sousa , Sousa , & Faria , 2004), para encontrar el mejor escenario de demolición dentro del marco legal que en cada ciudad aplique.

En Bogotá, Colombia, hoy en día la norma legal más reciente sobre la disposición de RCD es la Resolución 00715 de 30 de mayo de 2013, por medio de la cual se modifica la Resolución 1115 del 26 de Septiembre de 2012. En donde se adoptan los lineamientos técnico-ambientales para las actividades de transporte, aprovechamiento y tratamiento de los Residuos de construcción y demolición (RCD).

Esta resolución obliga a los generadores de RCD a realizar una separación de escombros según su procedencia, materiales peligrosos, contaminantes, reciclables, reutilizables, entre otros, para su posterior transporte a los sitios de aprovechamiento y tratamiento. Sin embargo esta resolución establezca parámetros de clasificación se queda corta a la hora de establecer un marco normativo que regule la generación de escombros a nivel domiciliario, ya que según la Secretaria Distrital de Ambiente en el año 2012 el 36.3% de los escombros generados en la ciudad no fueron dispuestos en escombreras oficiales, lo que genera el problema más grave de la ciudad, porque estos disponen ilegalmente en la estructura ecológica principal, como canales, rondas de humedales y ríos (El Tiempo, 2013).

Hoy en día la selección de una técnica de demolición eficiente radica en gran medida en la experiencia de la empresa encargada de la obra a demoler y el marco legal en el cual se encuentra operante. Los cálculos y criterios necesarios a tener en cuenta como, costos operativos, cantidad de material a reutilizar, cantidad de material a reciclar, cantidad de material destinado a cantera, rendimientos, entre otros, se relacionan para determinar, a partir de procesos jerárquicos de análisis, la mejor opción (Anumba, 2002) esto con el fin de minimizar el costo global que una obra de demolición puede acarrear.

El análisis del costo global sirve como herramienta para determinar el costo de desconstrucción (ANTOHIE, 2013), ya que una identificación e interpretación de los factores propios de cada proceso, permite entender todas las variables que están directa e indirectamente relacionadas.

La creciente limitación de recursos establece nuevos retos a la hora de generar nuevas materias primas, por lo tanto la investigación de metodologías de re-uso de materiales generadas por procesos de demolición son la respuesta a la creciente demanda de técnicas apropiadas que aseguren la protección del medio ambiente de acuerdo con las leyes locales, así como la generación de valor para las empresas encargadas de la demolición y los entes involucrados financieramente.

Una de estas metodologías es el análisis del ciclo de vida (LCA), dicha técnica permite a partir del estudio para cada fase de vida de una edificación, deducir varias opciones de gestión de desechos y materiales (Coelho & de Brito, Influence of construction and demolition waste management on the environmental, 2011), lo que posibilita comparar los impactos ambientales de los diferentes proyectos de demolición que se presentan debido a la variedad y diversidad de edificaciones, ya que las necesidades adicionales de transporte tienen un impacto negativo en el medio.

Sin embargo, la clasificación y separación en el núcleo de las operaciones de demolición conllevan beneficios a nivel económico y de impacto ambiental según el proyecto, ya que su localización y factores exógenos lo condicionan, hacen que toda aquella labor de movimiento de RCD sea planeada y ajustada a las normas vigentes, el ahorro y el compromiso ambiental.

Como base de este proyecto se investigaron varios autores que han realizado investigaciones a nivel internacional, sobre los dos tipos de demolición a trabajar (Dantata, Touran, & Wang, 2005). Para poder determinar la demolición más económica según los factores y ámbitos sociales de Bogotá, es necesario conocer todos los factores que la afectan, ya que en cada ciudad los costos y ventas de materiales son diferentes:

- Transporte
- Selección de material
- Acceso a sitio de disposición
- Venta de material y utilería

Factores que serán calculados e investigados acá en Colombia, por medio del siguiente proyecto para su aplicación en el edificio No.19 José Celestino Andrade de la Pontificia Universidad Javeriana y ubicado sobre la Av. Carrera 7ma.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Estimar la relación costo beneficio de los procesos de desconstrucción y los procesos convencionales de demolición en Bogotá.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Identificar el mercado de disposición, compra y venta de materiales de demolición en Bogotá.
- Evaluar el costo de los procesos tanto de desconstrucción como de demolición convencional del edificio No. 19 José Celestino Andrade.
- Identificar los aspectos técnicos y económicos que inciden en la definición de los procesos de demolición convencional o selectiva en Bogotá.

## **1.3. Contenido**

### **1.3.1. Antecedentes y Estado del Arte**

En este capítulo se indagara sobre las investigaciones de proyectos, realizadas en años anteriores, los métodos y técnicas actuales de demolición, la normatividad que los rigen tanto nacional como internacionalmente.

### **1.3.2. Metodología**

Se realiza la descripción del desarrollo del proyecto, y los pasos para la selección de una técnica de demolición.

### **1.3.3. Aplicación Método Convencional**

En este capítulo se realiza la simulación para la aplicación del método convencional en el caso de estudio, la demolición del edificio José Celestino Andrade.

### **1.3.4. Aplicación Método Selectivo**

Se realiza la aplicación del método selectivo para el caso de estudio, analizando tiempos, costos, mano de obra y maquinaria, igual que con el método convencional.

### **1.3.5. Guía de Demolición**

Esta es una guía elaborada para contratistas con deseo de realizar algún tipo de demolición de una edificación.

### **1.3.6. Análisis Beneficio Costo**

En este capítulo se realiza la comparación entre los dos tipos de demolición y se analiza el beneficio/costo que cada una genera.

### **1.3.7. Conclusiones y Recomendaciones**

Conclusiones y recomendaciones sobre el caso de estudio y para el contratista o persona con interés en realizar demolición de edificaciones.

### **1.3.8. Bibliografía**

Referencias consultadas para el desarrollo del proyecto.

## 2. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

### 2.1. Introducción

La demolición es el proceso contrario a la construcción, el cual es utilizado para derribar una estructura que haya sobrepasado su vida útil. Es una forma de control social y parte integral de los procesos de acumulación urbana, por ejemplo los barrios en donde se concentran personas de bajos recursos, son vistos como potenciales para dar paso a nuevos urbanismos, nuevas viviendas, carreteras o lugares para mega eventos (Crump, 2012).

En esta investigación se tratan dos tipos de demolición, la convencional y la selectiva, la diferencia de estos dos métodos radica en la reutilización, reciclaje y desmonte de artículos que se realiza en la selectiva, mientras en la convencional se realiza un proceso muy pobre de selección de material. Aun así son obras de alto riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores y en algunos casos constituye un proceso de gran complejidad técnica que puede requerir la combinación de diferentes sistemas de ejecución (González *et al*, 2012).

Los aspectos tecnológicos involucrados en la desconstrucción convencional en relación a la selectiva nos lleva a una comparación directa de estas dos opciones, este paralelo evidencia que la demolición convencional no es un proceso competitivo para los requerimientos tanto ambiental como económicos que actualmente se esperan (Coelho & de Brito, 2013), mientras que con las técnicas de separación adecuadas se puede dar lugar a la reutilización o reciclaje de materiales lo que puede generar una reducción del impacto ambiental, en comparación con un escenario de demolición convencional.

Otro aspecto asociado a cada tipo de demolición es la mano de obra requerida según el método. En el escenario de desconstrucción convencional no se requiere de un volumen significativo de trabajadores, debido a que gran parte de las operaciones son realizadas por máquinas, principalmente retroexcavadoras con sistemas de roto martillo acoplados y equipo de cargue a volquetas, en esta metodología la mano de obra en su mayoría debe ser calificada y especializada.

En el caso de la demolición selectiva este aspecto cambia radicalmente, no solo por el aumento en la cantidad del personal necesario para realizar labores de selección y separación de material en relación con la demolición convencional, sino por el nivel de riesgo que conllevan cada uno de los puestos de trabajo generados según la obra y sus características asociadas (Roussat, 2008), este



factor aumenta considerablemente cualquier presupuesto de desconstrucción para un determinado proyecto, no solo por los costos asociados a salarios sino por los seguros y pólizas necesarias para ajustarse la normatividad vigente.

Las anteriores caracterizaciones de mano de obra y tecnología no serán efectivas sin una planeación que las articule y que tenga en cuenta que ventajas y desventajas existen con el fin de generar estrategias de trabajo y planes de mejora continua según la obra a demoler.

En el proceso de la demolición selectiva, en la etapa de clasificación generalmente se tienen tres grupos de materiales, madera, metales y piedras (mampostería, cerámica, vidrio, etc). Estos materiales habitualmente son separados en las etapas más tempranas del proceso, es decir cuando se extraen de la edificación antes de realizar cualquier desmonte o demolición. (Groot, 1998)

Aparentemente un proceso de demolición selectiva resulta más costoso que el proceso de demolición convencional. La cantidad de mano de obra y el tiempo requerido para dismantelar paso por paso siguiendo planes establecidos se convierten en costos que no son generados en el ámbito convencional y además se debe contemplar el espacio y las áreas requeridas para clasificar y almacenar grupos de desechos bien sean reutilizables o no.

Cabe anotar que en la demolición convencional la reutilización y venta de materiales extraídos es prácticamente nulo. Siendo esto un punto a favor del escenario selectivo, ya que los ingresos extras por concepto de venta aportan recursos al presupuesto y en términos de logística puede implicar una reducción de tiempo en los procesos de cargue y transporte ya que muchas de las compañías que demandan un determinado material cuentan con equipos propios para dicha labor que en perspectiva puede significar una reducción de los puntos críticos (operación de cargue de volquetas por retroexcavadora) contribuyendo a evitar cuellos de botella en toda la cadena y principalmente a dar valor agregado.

Condiciones tales como las limitaciones del espacio disponible en ciertas ciudades, la necesidad de renovar sectores completos o construcciones específicas debido a su obsolescencia, la intención de aprovechar la infraestructura vial y de servicios desarrollada en ciertas zonas y ocupada por edificaciones demasiado antiguas, entre otras, genera la necesidad de que se lleven a cabo demoliciones de edificaciones completas, además de las demoliciones parciales que se generan por razones similares y por otras adicionales. Puede decirse que las demoliciones son una ocupación frecuente de los profesionales de la ingeniería civil, la arquitectura y demás profesiones

relacionadas con la construcción, ya sea ésta de carácter residencial, comercial o público.

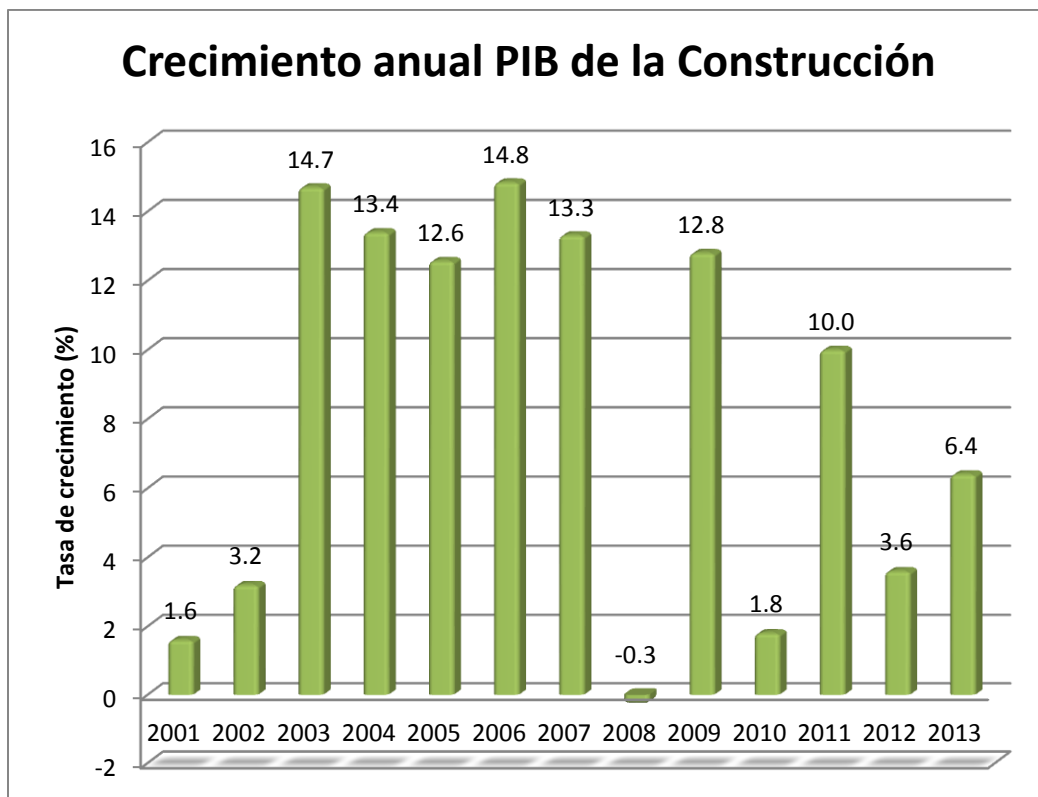
Existe un amplio consenso sobre el importante aporte del sector de la construcción en Colombia en los últimos años al dinamismo de la actividad económica nacional. De hecho, la contribución promedio del sector al crecimiento en los años recientes 2002 a 2007 estuvo en el orden de 0,8 puntos porcentuales, cifra que es superada por la industria manufacturera, el comercio y el transporte con: 1,8; 1,3; y 1,0, respectivamente (Camacol C. D., 2008).

No obstante, la construcción es un sector que presenta fuertes fluctuaciones y tal como lo muestra (Cárdenas et al, 2004), para el período 1980 – 2006 el Producto Interno Bruto (PIB), de la construcción (que incluye la actividad edificadora y las obras civiles) ha tenido cerca de dos ciclos, que involucran fases expansivas y recesivas.

A pesar de esto, en ninguna de las fases expansivas registradas se ha observado una dinámica tan favorable como la de los últimos seis años, con una tasa de crecimiento promedio bastante alta del 13,2%. En ese sentido resulta importante analizar si esta dinámica creciente tendrá la corrección natural inherente a un amplio ciclo económico, o si por el contrario, se puede esperar una fuerte desaceleración en el sector (Camacol C. D., 2008).

La Figura 1 presenta el crecimiento anual del PIB de la construcción, para el período entre 2001 y 2013. Como puede verse en esa figura, en los primeros dos años el crecimiento estuvo entre 1.6 y 3.2% mientras que a partir de 2003 el crecimiento fue superior a 11.5, a excepción del año 2008 en que fue negativo, coincidiendo con la crisis económica mundial que se presentó en el mismo año (Camacol C. , 2009).

Este comportamiento de la construcción fue superior al promedio de todos los demás sectores de la economía en el período analizado a partir de 2010 se evidencia una notable disminución en la tasa de crecimiento, pero con las actividades de construcción de vivienda social que fue obsequiada a algunas familias por el gobierno, se evidencia nuevamente un crecimiento en el área de la construcción para el 2013.



**Figura 1. Crecimiento anual del PIB de la construcción 2001-2013. Fuente: (DANE, 2013)**

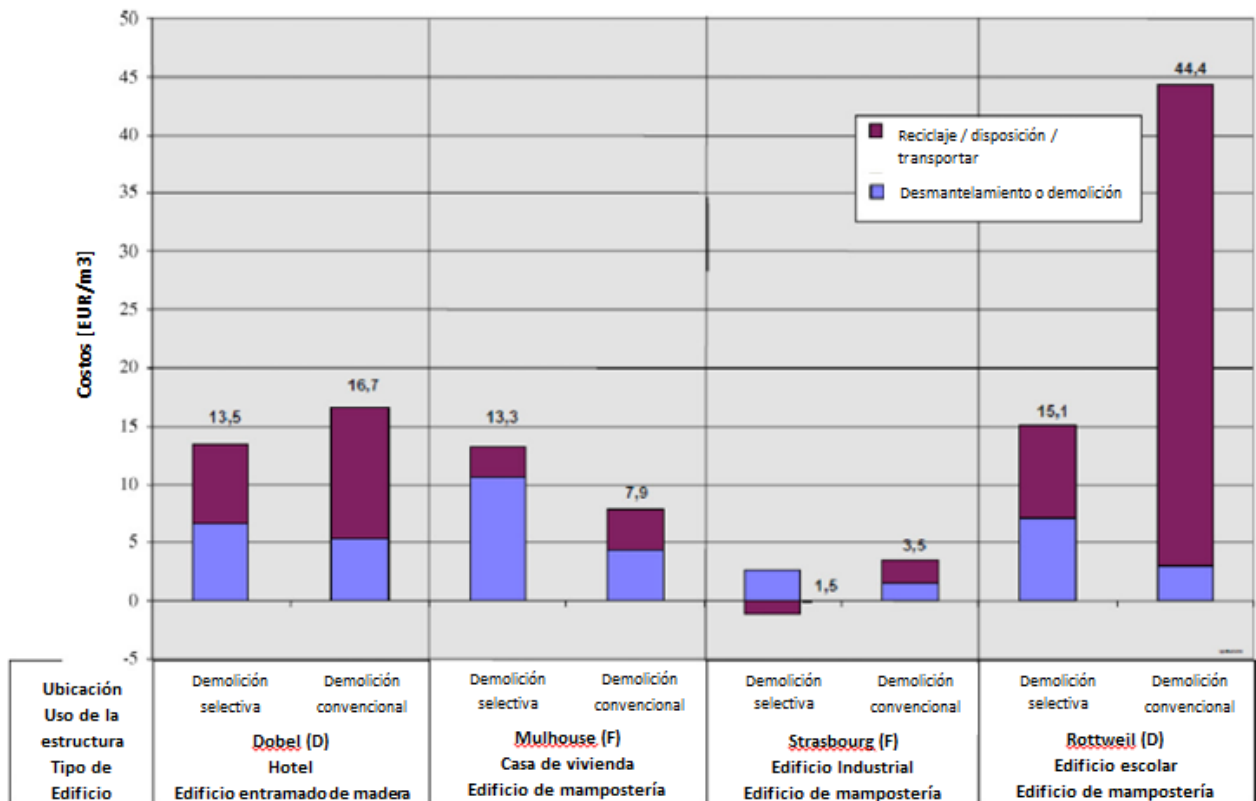
Estas cifras muestran que se trata de una industria de gran importancia para el país y en la actualidad, según lo reportado por el Banco de la República el sector de la construcción representa alrededor de 21% del PIB y 35% de la remuneración total de las personas asalariadas en el país se generan en los 27 sectores de la actividad edificadora (Camacol, 2013). Las demoliciones tienen dentro de esta industria la posibilidad de generar reducción de costos en la medida en que permite el aprovechamiento de materiales, si se tiene en cuenta que en regiones como en Europa los Residuos de Construcción y Demolición conocidos como RCD, constituyen la mayor categoría de residuos de ese continente. (González, Díaz, & R., 2012)

A pesar de estar tan relacionada con un sector industrial tan importante, con frecuencia las demoliciones son en la práctica más un arte que una ciencia, en el sentido de que en su ejecución no se siguen unos procedimientos tan precisos como los que se siguen en la fase de construcción de obras nuevas; mientras que cuando se va a construir una nueva obra se empieza por definir qué características debe reunir ésta para pasar luego a unos estudios de suelos, diseños estructurales, diseños arquitectónicos, de cubiertas, eléctricos,

hidráulicos, etc., obtención de licencias y de permisos, etc., cuando se va a efectuar una demolición lo que normalmente se hace es buscar a una persona con experiencia, para proceder con el desarrollo de las técnicas que considera más adecuadas para las condiciones específicas de la demolición.

Esa falta de rigurosidad en el proceso de elección de los métodos o técnicas que se deban utilizar en cada caso se debe, entre otras cosas, al menos en Colombia, a que no se cuenta con una guía metodológica que oriente a los profesionales de la industria de la construcción al momento de seleccionar entre una explosión, una implosión, una demolición por medio de masas pendulares, de retroexcavadoras, o simplemente a golpes de operarios con martillos. La decisión debe hacerse entonces con base en el sentido común, lo que puede llevar a que se cometan errores y se incurra en sobrecostos o en daños al ambiente o a edificaciones vecinas, así como en riesgos para quienes las practican, además de que pueden dejarse de aprovechar costosos materiales y elementos de construcción que podrían ser aprovechables si se hubiera empleado una técnica más adecuada.

De acuerdo con (Varón, Sierra, & Bedoya, 2011), existen ejemplos de empresas como Indural, que se caracteriza por el reprocesamiento de los residuos de construcciones y demoliciones, los cuales constituyen el 80% de la materia prima empleada en sus productos, lo que significa un aporte significativo en la conservación de los recursos naturales.



**Figura 2. Comparación costos demolición selectiva y demolición convencional Alemania y Francia. Fuente: (Shultmann, 2005)**

Hoy en día las demoliciones no son realizadas sin antes realizar un desmantelamiento sencillo de cualquier edificación, intentando extraer cualquier tipo de utilería o material reutilizable, generando un desperdicio de materiales y mayores costos económicos en las demoliciones que no sea pertinente realizarlo, esto depende del estado y cantidad de materiales con posible reutilización o reciclaje (Rosato et al, 2006). De aquí nace la necesidad de evaluar la cantidad de material dentro de un edificio a demoler, en la ilustración 2 se muestran los diferentes costos económicos que conlleva aplicar un tipo de demolición convencional o selectiva en Alemania y Francia.

Cada uno de estos casos presenta costos y diferencias entre los dos tipos de demolición con grandes diferencias en algunos casos, debido varios factores, los materiales de la construcción, el transporte de escombros (distancia de vertederos), materiales con posible reutilización o reciclaje, costos de mano de

obra, costos de maquinaria y el no menos importante el método de desconstrucción. Este factor es uno de los más significativos dentro de las demoliciones, ya que los métodos de construcción convencionales tienden a fijar la estructura de forma tal que no permite su desconstrucción progresiva. Si los edificios fueran diseñados de tal forma que permitieran una fácil desconstrucción, sería posible obtener un mayor porcentaje de material reutilizable, generando ventajas tanto económicas como ambientales (Schultmann, Garbe, Seemann, & Rentz, 2001).

## **2.2. Métodos de Demolición**

En esta investigación se analizarán dos métodos de demolición, sus características, ventajas, desventajas, costos y equipo:

- La demolición convencional, una única fase
- La demolición selectiva, por diferentes fases de desmantelamiento.

### **2.2.1. Demolición convencional**

La demolición convencional se puede realizar empleando diferentes herramientas y técnicas de demolición, incluyendo herramientas livianas como cinceles hasta martillos manuales, neumáticos o eléctricos. Además, es posible emplear equipos como retroexcavadoras que permiten acceder a secciones elevadas de la construcción que se pretendan demoler, o en algunos casos explosivos o productos para fracturar la estructura. En la Figura 3 se presenta un ejemplo de demolición convencional.



**Figura 3. Demolición convencional. Fuente: Aeded (2012), (Cordesa, 2012)**

Este tipo de demolición se emplea especialmente cuando no se cuenta con tiempo suficiente ni los medios para realizar una separación integral de los escombros de demolición (Cordesa, 2012). Debido a la forma como se realiza, es un método de demolición rápido y económico en cierto modo, que requiere bajas inversiones en mano de obra y emplea maquinaria pesada para lograr el colapso de la estructura (Coelho & de Brito, 2011).

Los residuos de este tipo de demolición deben ser transportados a los sitios de disposición final autorizados por la entidad correspondiente según el municipio para el caso de Bogotá y municipios aledaños se encuentra regulado por IDU, CAR y alcaldía municipal.

La acumulación de estos escombros puede generar un posible foco de contaminación ambiental y accidentes, por lo tanto es necesario retirarlos de la obra antes de las 48 horas establecidas por la Secretaria Distrital de Ambiente.

### **2.2.2. Demolición selectiva.**

Puede definirse como el conjunto de operaciones organizadas para demoler de forma total una construcción, intentado obtener la mayor cantidad de material seleccionado para un proceso de reutilización o reciclado más eficiente y rápido, generando un impacto ambiental menor al generado en una demolición convencional (Rosato et al, 2006).

Regularmente esta técnica se emplea en casos donde se busca realizar una selección total de los materiales que en la estructura se encuentran, concreto, acero, mampostería, cerámica, vidrio, madera, etc. De esta forma se puede obtener la menor cantidad de materiales enviados a vertederos y poder obtener un beneficio ambiental (Coelho & de Brito, 2011).



**Figura 4. Demolición selectiva. Fuente: Cordesa (2012)**

La demolición selectiva puede definirse según (Guy & McLendon , 2000), como el desmantelamiento de elementos de construcción en el orden inverso a la forma como fueron construidos originalmente. Además de proporcionar beneficios ambientales, la demolición selectiva puede llegar a generar beneficios económicos, en la venta de los materiales recuperados, en la reutilización y en la reducción de transporte a vertederos (Dantata, Touran, & Wang, 2005). Es por eso que dentro de los diseños y cálculos de una demolición es muy importante saber los materiales que posee la estructura, para así definir cuáles podremos o no reutilizar y cuáles definitivamente son para transportar a los vertederos reglamentados (Cordesa, 2012).

La selección de materiales y de los elementos de la demolición selectiva, son más económicos de disponer en escombreras, debido a que son reciclados y revendidos por el receptor, lo cual permite que este mismo pueda reducir el cobro por la disposición de los residuos (Coelho & de Brito, 2011).

Estudios de la Universidad de Florida han demostrado el beneficio económico y ambiental que puede llegar a dejar una demolición con una técnica de demolición selectiva. Dichos estudios fueron realizados por el Centro para la Construcción y el



Medio Ambiente (CCE). Se realizó la desconstrucción de seis (6) casas en el año 1999 y 2000, para poder hacer una comparación entre la relación costo-eficiencia que podría alcanzarse con cada tipo de demolición, convencional y la selectiva. Esta investigación se basó en tasas de mano de obra, costos de demolición, honorarios, tiempos y el costo de transporte y disposición de los materiales enviados a vertederos.

Como conclusión de esta investigación se obtuvo que la demolición selectiva es el método más rentable para realizar la demolición. Debido a que en este proyecto se hace la reutilización y re-venta de aproximadamente 500 piezas de madera que generan un ingreso bastante alto logrando en un escenario optimista una diferencia del 37% entre los dos tipos de demolición. Y en un caso pesimista la diferencia sería del 10%, siendo siempre a favor de la demolición selectiva (Guy & McLendon , 2000).

Los principales beneficios ambientales que se obtienen utiliza este método de demolición son (CIMAS Innovación y Medio Ambiente, 2009):

- Aumento del reciclaje de materiales que constituyen la edificación.
- Eliminar la necesidad extraer recursos naturales para la producción de nuevos materiales.
- Eliminar el consumo energético en la producción de nuevos materiales de construcción.
- Minimizar significativamente el volumen de RCD's depositados en vertederos.
- Reducir las necesidades de transporte de los RCD's y materiales.
- Evitar toda mezcla de residuos peligrosos.

### **2.3. Técnicas de Demolición**

La demolición convencional y la demolición selectiva, suelen realizarse por medio de diferentes técnicas, dependiendo del tipo de estructura, ubicación, materiales, tiempo, valoración estructural, entre otros. Algunas de estas técnicas son:

### 2.3.1. Demolición por implosión

Esta técnica de demolición consiste en implantar diferentes cargas de explosivos en diferentes elementos perforados de la estructura, anteriormente calculados para poder aplicar las cargas en aquellos elementos estructurales principales, para debilitarla y generar su desplome inminente por efecto de la gravedad (Sánchez, 2010).



Figura 5. Demolición por voladura. Fuente: (Detecsa, 2013)

Principalmente su uso se realiza en estructuras esbeltas con pilares, vigas, muros de concreto reforzado y en estructuras construidas con muros de carga en mampostería, generando un alto índice de ahorro en tiempo y perturbaciones ambientales a los minutos posteriores de la voladura (Sánchez, 2010).

Las ventajas de esta técnica son, la reducción del tiempo de obra lo que genera una reducción considerable en los costos de mano de obra y maquinaria, y la reducción de las molestias ocasionadas a la vecindad.

Pero se generan algunas desventajas como, la alta generación de polvo en el momento de la implosión, los costos para el uso de explosivos es bastante alto y las autorizaciones deben ser expedidas por el Ejército Nacional de Colombia e INDUMIL.

### 2.3.2. Demolición manual

La demolición manual es un conjunto de actividades a realizar de forma progresiva para demoler una estructura, empleando en su mayoría medios manuales. El uso

de esta técnica se emplea en circunstancias que requieran una precisión alta con respecto a cada elemento que se demuele, ya sea por estructuras colindantes que no se vayan a demoler o por artículos dentro de la estructura que lo requieran (Construcciones Triguero, 2012).



**Figura 6. Demolición manual. Fuente: (Construcciones Triguero, 2012)**

Sin embargo es una actividad que genera altos costos en mano de obra, ya que es necesario el uso de gran cantidad de trabajadores y los tiempos de demolición aumentan con respecto a las otras técnicas existentes.

La demolición manual tiene como ventaja (en el caso de Colombia) el costo de mano de obra que esta implica, ya que estos costos son bastante bajos con respecto a otros países.

### **2.3.3. Hidrodemolición**

Es una técnica de demolición de concreto, que consiste en el uso de agua a presión, penetrando dentro de los poros del concreto para generar su rompimiento. Esta técnica permite una separación de materiales bastante eficaz ya que permite sanear el concreto hasta el punto que se desee y poder dejar el acero de refuerzo a la vista para su posterior desmontaje (AETAC, 2013).



**Figura 7. Hidrodemolición. Fuente: (GEORA Aplicaciones Técnicas, 2013)**

El uso de esta técnica no es aplicable a la demolición total de una estructura debido a la gran cantidad de agua que es necesaria en su aplicación, en la mayoría de los casos es utilizada en la remoción de concreto en elementos específico de una estructura (AETAC, 2013).

La hidrodemolición tiene como beneficio la reducción en la generación de polvo en la demolición, adicional ayuda a la selección del material para los métodos de demolición selectiva, pero genera un aumento en los tiempos de demolición.

#### **2.3.4. Demolición mecánica**

La demolición mecánica se realiza en su mayoría con equipos mecánicos de impacto, tracción, fragmentación y empuje. Es una actividad segura que permite tener una rapidez y productividad mayor que en una demolición manual (Francisco Ternero Demoliciones, 2013).

Es la técnica de demolición más común usada hoy en día en Colombia, los costos de alquiler de maquinaria y el rendimiento de estas mismas hacen de esta técnica lo suficientemente atractiva para que los contratistas tiendan a implementarla. Adicional a que en la mayoría de las obras es indispensable el uso de algún tipo de maquinaria.





**Figura 8. Demolición mecánica. Fuente: (Demoliciones Hernan Meza, 2013)**

En muchas ocasiones es necesario realizar actividades manuales antes de iniciar los procesos de demolición mecánica, como preparación del terreno, selección de material y el acondicionar los residuos generados. Para esta técnica normalmente es necesario usar maquinaria como retroexcavadoras, robots, bolas, martillos hidráulicos, cargadores, entre otros.

### **2.3.5. Corte y perforación con diamante**

El corte y perforación con diamante es una técnica que comprende métodos de demolición con bastante precisión que permite trabajos en pequeñas y grandes estructuras a demoler. Esta técnica da a los constructores beneficios en la reducción de tiempos de ejecución, seguridad, precisión y el mantener la integridad de la estructura en la que se está realizando la demolición (AEDT, 2013).



**Figura 9. Demolición corte diamante. Fuente: (AEDT, 2013)**

Esta técnica es implementada en procesos de demolición en los cuales es necesario mantener una alta precisión en demoliciones de concreto y acero. Buscando la seguridad en los cortes que así mismo garantizan la estabilidad de la estructura sobre la que se actúa.

### **2.3.6. Nacional**

Hoy en día en Colombia no se han realizado estudios exhaustivos para parametrizar los tipos y técnicas de demolición existentes para su uso e implementación a nivel nacional. Usualmente son usadas las técnicas más comunes, es decir, demolición manual y mecánica. Para la demolición de edificios el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) publicó un manual donde especifica la forma en la que deben realizarse las diferentes actividades de una demolición para la adecuación de la Avenida Calle 26 (Jorge Eliecer Gaitán) para la construcción de la vía del Sistema Transmilenio. En esta se recogen algunas recomendaciones sobre las demoliciones de las viviendas usando estas dos técnicas antes mencionadas y prohibiendo el uso de explosivos en estas demoliciones (Instituto de Desarrollo Urbano, 2008).

## **2.4. Normatividad Internacional y Nacional**

Los sitios de disposición final deben seguir al pie de la letra la normativa impuesta para cumplir su propósito de recuperación y mantenimiento de la calidad del suelo para el funcionamiento de los ecosistemas. Además de contribuir con la conservación, recuperación e incremento de la calidad del medio ambiente en el

espacio público, minimizando la cantidad de material de escombros a partir de su reutilización y reciclado (Secretaría Distrital de Ambiente, SDA, 2010). A continuación se muestran las normas establecidas según la guía de manejo ambiental de la secretaria distrital de medio ambiente de Bogotá.

- Decreto Distrital 112 de 1994 por el cual se fijan lineamientos para el tránsito de vehículos de carga e industriales, en el área urbana del Distrito Capital.
- Resolución 541 de 1994 de acuerdo al con el plan de manejo ambiental se definirá en tiempo y espacio la ubicación de materiales para restauración paisajística o para reutilización de residuos para otros usos. Estos últimos podrán ser seleccionados y separados de aquellos no reutilizables y almacenados para ser transportados o reutilizados.
- Decreto Nacional 948 de 1995 que reglamenta en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del aire.
- Decreto Distrital 357 de 1997 por el cual se regula el manejo, transporte y disposición final de escombros y materiales de construcción.
- Ley 769 de 2002 por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre.
- Acuerdo 79 de 2003 del Concejo de Bogotá, por el cual se expide el Código de Policía de Bogotá. Artículo 85.
- Resolución 556 de 2003 del Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente por la cual se expiden normas para el control de las emisiones en fuentes móviles.
- Decreto Distrital 312 de 2006 Por el cual se adopta el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos para Bogotá Distrito Capital.
- Ley 1259 de 2008, “Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones”.
- Decreto 620 de 2008, que complementa el 312 de 2006 de residuos sólidos.
- Acuerdo 417 de 2009 del Concejo de Bogotá, por medio del cual se reglamenta el comparendo ambiental en el Distrito Capital y se dictan otras disposiciones.

Estas resoluciones rigen y mantienen el control sobre la cadena de generación de RCD desde su origen hasta la disposición final que se le realice. En 2013 se actualizó esta normativa y entro en vigencia la resolución 01115 con el objeto de adoptar los lineamientos técnico-ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de residuos de construcción y demolición en el perímetro urbano del distrito capital. En ésta se definen las obligaciones por parte del generador y el receptor de RCD. Estos son algunos aspectos relevantes de dicha resolución:

- **Las entidades públicas y las constructoras**, deberán incluir dentro de los estudios preliminares, los requerimientos técnicos necesarios para lograr la utilización de elementos reciclados de los Centros de Tratamiento y/o Aprovechamiento de RCD, en un porcentaje no inferior al 15% (desde Septiembre de 2014) del total de los agregados planeados a emplear en un proyecto. Este porcentaje aumentará cada año un 5 % más, hasta completar un mínimo del 25%.
- **Los grandes generadores y poseedores de los residuos de construcción y demolición**, deberán informar a la Secretaria de Ambiente la fecha de inicio de actividades, ubicación, naturaleza, tiempo de duración, estimativo de cantidad y tipo de residuos. Además deben informar la finalización de la actividad. Deberán tener inventariado todo el material que se encuentre en su poder de la siguiente forma:
  - Registro de todos los ingresos y salidas de RCD
  - Fecha de cada ingreso o salida
  - Origen (dirección y teléfono)
  - Nombre y firma del generador
  - Destino inmediato y final
  - Tipo, volumen y peso
  - Nombre y sello del transportador
  - Nombre de quien recibe y firma
- **Los sitios de tratamiento y/o aprovechamiento de escombros**, deberán operar según los lineamientos establecidos por la Secretaría Distrital de Ambiente, acorde con lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial para su ubicación.
- **Los sitios de tratamiento y/o aprovechamiento**, deberán estar inscritos en la Secretaría Distrital de Ambiente y llenar los requisitos correspondientes, ubicación, naturaleza, tipos de tratamiento, productos y fecha inicio de actividades, según la Resolución 1115 del 26 de septiembre de 2012. También deberán llevar a cabo un inventario descrito de la siguiente forma:
  - Tipo, volumen y peso recibido
  - Origen de los RCD recibidos (generadores y/o transportadores)
  - Tipo de material
  - Tipo de tratamiento
  - Cantidad y tipo de productos generados.
  - Fecha
  - Placa del vehículo
  - Nombre y cédula número de identificación del transportador



Dentro de sus obligaciones está el entregar certificado de recibo de los materiales recibidos. No deberán recibir RCD mezclados con líquidos o material peligroso.

Para el cumplimiento de estas normas son necesarias medidas de manejo estipuladas para el generador de residuos como, la limpieza y orden en el área general de la obra la correspondiente señalización de esta misma. La selección del material y separación del mismo es una prioridad que debe ser implantada en todos los trabajadores de la obra y se tendrán sitios de almacenamiento temporal dentro de la obra para garantizar la reutilización de los mismos en caso de contemplarla (Secretaria Distrital de Ambiente, SDA, 2010).

## **Internacional**

En el ámbito internacional se puede observar que la normatividad viene a ser muy similar a la nacional, ambas con el objetivo de minimizar y controlar el impacto ambiental generado por este tipo de obras.

En España se establece el Decreto 105 de 2008 y el 112 de 2012, los cuales fomentan la prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización de RCD's, asegurando que los destinados a operaciones de eliminación, reciban un tratamiento adecuado, y de este modo contribuir con el desarrollo sostenible del área de la construcción (Reyes, 2012).

Se busca con estos decretos, minimizar la eliminación de los residuos de construcción y demolición. Y obliga a los generadores a cumplir con los siguientes requisitos para disponer de los residuos:

- Estudio de gestión de residuos
- Plan de recolección
- Constitución de fianza
- Establece las actividades de valorización y eliminación

Para el trabajo con asbesto es necesario cumplir con lo establecido en el Convenio 162 sobre utilización de asbesto en condiciones de seguridad de la OTI de 1986 ratificado por la Ley 436 de 1998, donde especifica que el contratista debe realizar un plan de trabajo donde, proporcione toda la protección necesaria para los trabajadores, limitar el desprendimiento del polvo de asbesto en el aire y prever la eliminación de los residuos que contengan asbesto de acuerdo a lo establecido en el artículo 19 del Convenio (Reyes, 2012).

## 2.5. Posibles Impactos Generados por obras de Demolición

Como cualquier obra de construcción, las demoliciones son obras que generan un impacto social, ambiental y auditivo sobre toda la comunidad que la rodea.

En la Tabla 3 se muestran los aspectos o incidentes que pueden generar posibles impactos en la comunidad vecina a una obra de demolición según la Secretaria Distrital de Ambiente.

Impactos	Aspectos
Alteración de la calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"><li>• Derrames de aceites, combustibles y sustancias no biodegradables.</li><li>• Acumulación de residuos sólidos en los cuerpos de agua.</li></ul>
Alteración de la calidad del Aire	<ul style="list-style-type: none"><li>• Generación de gases.</li><li>• Generación de ruido.</li><li>• Generación de olores.</li><li>• Generación de material particulado.</li></ul>
Alteración de la calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Acumulación directa de residuos en zonas blandas.</li></ul>
Pérdida de Biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"><li>• Derrames de aceites, combustibles y/o sustancias no biodegradables.</li><li>• Proliferación de vectores.</li><li>• Destrucción de hábitats.</li></ul>
Alteraciones sociales	<ul style="list-style-type: none"><li>• Generación de material particulado.</li><li>• Generación de gases.</li><li>• Generación de olores.</li><li>• Proliferación de vectores.</li><li>• Ocupación de zonas ajenas al proyecto.</li></ul>

Tabla 1. Posibles Impactos generados en la obra (Secretaria Distrital de Ambiente, SDA, 2010)

Estudios realizados anteriormente nos muestran algunos de los impactos más notables en las demoliciones, evaluados según la metodología de los criterios relevantes integrados de Buroz en 1994, donde establece 4 impactos a tener en cuenta (Moreno, 2009):

- *Propensión a la acumulación de desechos sólidos:* Legalmente en Bogotá los desechos de RCD deben ser removidos en un plazo no mayor a 48 horas después de haber sido depositados dentro o fuera de la obra. En caso de necesitar un plazo mayor, deberá solicitarse un prórroga de este tiempo y debe ser aprobada con anterioridad. Esta acumulación de RCD genera un impacto negativo ya que toda acumulación de desechos se constituye en un foco de contaminación ambiental.
- *Contaminación sonora:* Las maquinas, equipos y personal dentro de la obra generan un cambio en los niveles de ruido comunes en las zonas aledañas. Esto ocasiona un impacto negativo que según la intensidad del ruido podría causar molestias auditivas a los residentes cercanos o llegar a generar dificultades para escuchar.
- *Contaminación atmosférica:* Se considera contaminación atmosférica a todo proceso que genere material particulado. Entre otros las emisiones producto de la combustión de la maquinaria y el polvo generado durante la recolección de escombros. Por esto resulta indispensable intentar minimizar la generación de polvo por medio de agua en el momento de realizar la demolición.
- *Afectación a la cotidianidad:* La afectación a la cotidianidad es el conjunto de todos los impactos antes mencionados y generados por la demolición, ya que las comunidades vecinas verán alteradas sus condiciones habituales de convivencia.

## **2.6. Estado del arte para métodos de demolición**

### **2.6.1. Parque Central de Ingenieros (Valencia, España)**

Este proyecto de demolición consta de 13 edificaciones a demoler, cada uno con diferentes aspectos técnicos, materiales, altura, área construida, etc., ya que fueron construidos en diferentes épocas. Los edificios objetos de este proyecto forman parte del Parque Central de Ingenieros, en el momento en que se realiza el recorrido de estas instalaciones, se encontraban ocupadas parcialmente por un Colegio público. Al momento no se contaba con ningún contratista seleccionado para realizar la demolición. (García, 2009)

A continuación se muestran las características de las edificaciones dentro del proyecto:

Edificio	Superficie Construida [m2]	Volumen Construido [m3]	Uso	Demolición
1 Nave	1081.5	6545.3	Edificio de uso educativo, aulas y almacén, su estructura es metálica y muros en bloque de arcilla.	
2 Garita	2.4	6.0	Edificación en concreto, caseta de vigilancia	
3 Nave	1206.4	5513.5	Edificación con columnas en concreto y vigas metálicas, paredes y cimentaciones en concreto.	No
4 Nave	704.3	3971.4	Estructura en concreto con cerchas metálicas, muros en bloque de arcilla, ventanería en aluminio y puertas en madera.	No
5 Gimnasio	1133.3	8244.2	Estructura en concreto con cerchas metálicas, muros en bloque de arcilla, ventanería en aluminio y puertas en madera.	No
6 Almacén	48.5	122.6	Estructura con vigas en concreto y muros de carga en ladrillo, cubierta de fibrocemento y puertas metálicas.	No
7 Control	65.8	197.1	Estructura con viguetas en concreto apoyadas sobre muro en bloques de arcilla, ventanería y puertas en aluminio y cubierta en fibrocemento.	No
8 Nave	1154.7	4805.2	Estructura metálica, pilares y cerchas, cubierta en fibrocemento, muros en bloque de arcilla y carpintería metálica	
9 Nave	1189.7	5021.7	Estructura metálica, pilares y cerchas, cubierta metálica, muros en bloque de arcilla y carpintería en madera.	
10 Garita	2.3	5.8	Estructura en ladrillo macizo.	
11 Oficina	77.3	313.8	Estructura en muros de carga en ladrillo macizo, tejas de barro, carpintería en madera y divisiones en ladrillo macizo.	
12 Nave	1162.1	4805.2	Estructura metálica en columnas y cerchas, divisiones en bloque de arcilla, carpintería en madera y cubierta en teja metálica.	
13 Piscina/garita	60.0	110.3	Estructura en concreto, cubierta plana en concreto, no tiene carpintería ni divisiones.	

**Tabla 2. Superficies Construidas, Proyecto de Demolición de Edificaciones en: Actuación “parque Central de Ingenieros” en Valencia. Fuente: (Garcia, 2009)**

El tiempo estimado de la obra según el cronograma especificado en el estudio es de 12 semanas, las cuales tienen plan de ejecución máximo de 8 meses para poder coincidir las demoliciones con las vacaciones escolares del colegio. El área total a demoler es de 4.730 m<sup>2</sup>, es decir, que se tendrá que tener un rendimiento global de 7.9 m<sup>2</sup>/h, un rendimiento no muy alto, según las especificaciones de las edificaciones, ya que se tendrá un desmantelamiento sencillo, seguido de una demolición con maquinaria bastante rápida para continuar con la disposición final de escombros.

PROYECTO DE DEMOLICIONES DE EDIFICIOS PARQUE CENTRAL INGENIEROS C/SAN VICENTE MARTIR No. 250 - 252. VALENCIA														
TRABAJO	PROYECTO	TRAMITACIÓN	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12
Redacción, Tramitación y aprobación del plan de trabajo con riesgo de amianto														
Tramitación de retirada de Servicio por las Compañías Suministradoras		Según Compañía												
Trabajos, medidas de seguridad previas														
Implantación en obra de casetas y servicios														
Neutralización de acometidas														
Limpieza y vacío de enseres														
Desmontaje de cubiertas de fibrocemento														
Demolición manual crujiás con medianeras preparación valorización escombros														
Demolición mecánica de edificios														
Carga y procesado de escombros de edificios														
Adecuación de solar y limpieza de obra														
Reparación y construcción vallado cierre														
Seguridad y salud														

**Tabla 3. Cronograma de demolición Edificios Parque Central de Ingenieros, Valencia.**  
**Fuente: (García, 2009)**

### 2.6.2. Proyecto de Regeneración Urbana Cacém Polis Fase 2, Lisboa, Portugal.

Proyecto ejecutado para la regeneración de una urbanización de casas construidas entre 1900 y 1945, de calidad baja media, con un total de 13.430 m<sup>2</sup> construidos para un total de 134 casas aproximadamente, cada una de 100 m<sup>2</sup>.

El método de demolición y extracción realizado en este proyecto fue mixto, ya que incluye un desmantelamiento mínimo de materiales, seguido de una demolición convencional, de la cual algunos materiales fueron recuperados a nivel del suelo, como madera, hierro y aluminio. Los materiales como concreto, cerámica y piedra, fueron llevados a sitios de disposición final o vertederos.

Datos de entrada y calculos para estimar el tiempo de Deconstrucción en el caso de Estudio

Actividad	Labor						Área (m2)	Unidades (Un)	Productividad			Orden de operaciones		
	Trabajador	Horas	Operador de Equipo	Horas	Supervisor	Horas			Calculada				Dato Contratista	
									H h/m2	H h/un	H h		H h/m2	H h/un
Remoción de Alfombra	2	3		1	0.4	1	0.1	40	0.163		6.5	0.16	1	
Remoción de Yeso	4	7		1	1	1	1	100	0.300		30.0	0.30	2	
Remoción de Madera	2	5.5		1	0.65	1	0.6	76.6	0.160		12.3	0.16	3	
Remoción de corcho	2	1.5		1	0.1	1	0.1	15	0.213		3.2	0.20	1	
Remoción de Puertas	2	5		1	0.5	1	0.5	22.6	0.486		11.0	0.50	1	
Remoción de Ventanas	3	4		1	0.5	1	0.5	19.3	0.673		12.0	0.66	1	
Remoción de Cielo raso	4	4.5		1	1	1	1	100	0.200		20.0	0.20	2	
Remoción de accesorios baño	1	1		1	0.3				12.57	0.103	1.3		0.1	
Remoción de Grifería	1	1							9.73	0.103	1.0		0.1	
Demolición Convencional	3	1		1	1	1	1	100	0.050		5.0		4	
Post separación de elementos	3	7		1	7	1	2	100	0.300		30.0		5	
Limpieza y transporte	2	8		2	8	1	2	100	0.340		34.0		6	
Trituración de agregados				1	3.27			100	0.033		3.3		7	

**Tabla 4. Datos de entrada para estimar Duración de la Demolición Selectiva. Fuente: (Coelho & de Brito, 2011)**

En la Tabla 4 se observan los rendimientos calculados (con los tiempos de cada actividad y las cuadrillas utilizadas) y los rendimientos suministrados por el contratista, para el caso de la demolición selectiva. Para el caso de la demolición convencional se realizó un cuadro similar:

Datos de entrada y calculos para estimar el tiempo de Demolición Convencional en el caso de Estudio

Actividad	Labor						Área (m2)	Unidades (Un)	Productividad			Orden de operaciones	
	Trabajador	Horas	Operador de Equipo	Horas	Supervisor	Horas			Calculada				
									H h/m2	H h/un	H h		
Demolición Convencional		1	1		1	1	1	100		0.03		3	1
Limpieza y transporte		2	4		2	4	1	1	100		0.17	17	2
Trituración de agregados					1	3.27		100		0.033		3.3	3

**Tabla 5. Datos de entrada para estimar Duración de la Demolición Convencional. Fuente: (Coelho & de Brito, 2011)**

Según las proyecciones realizadas para este proyecto, se calculó que el rendimiento iba a ser de 6.5 días por casa de 100 m<sup>2</sup>, es decir, el rendimiento global sería de 1.5 m<sup>2</sup>/h para la demolición selectiva, mientras que el rendimiento de la demolición convencional sería de 10 m<sup>2</sup>/h, un rendimiento aproximadamente siete veces mayor.

**Distancia de Sitios de Disposición Final de Residuos Limpios y Mezclados**

Operador de Residuos	Distancia desde el sitio (km)	Precio por tipo de residuo (Euro/ton)	
		Residuos "limpios"	Residuos Mezclados
1	2.0	6.0	20.0
2	61.0	15.0	59.0
3	64.0	5.5	20.5
4	21.5	12.5	30.0
5	30.0	0.0	75.0
6	219.0		
7	30.0		
8	253.0		
9	8.0		

**Tabla 6. Distancia a los Sitios de Disposición Final desde el sitio de la Obra. Fuente: (Coelho & de Brito, 2011)**

En este estudio se realiza un análisis de los sitios de disposición final cercanos al sitio de la obra de demolición para contemplar los costos en los que se incurrirá dependiendo de en donde y que tipo de material se genere por la demolición.

La disposición de RCD sin importar el sitio de disposición final que se escoja, resulta más costosa para los RCD mezclados en comparación con el costo de los RCD seleccionados, como se muestra en la Tabla 6.

## **2.7. Contexto Colombiano para Procesos en Demolición de Edificaciones**

En el contexto nacional encontramos varios involucrados en los procesos de desmantelamiento y demolición, empresas que se encargan de realizar demoliciones, empresas encargadas del tratamiento y disposición de RCD's y los sitios encargados de recibirlos. Todos estos regulados y vigilados por la Secretaria Distrital de Ambiente, CAR o la entidad encargada de cada municipio.

### **2.7.1. Empresas de demolición en Colombia.**

En Colombia existen múltiples empresas de cuyo objeto de negocio es la demolición. La creciente demanda de espacios aptos para la construcción ha hecho que este sea un mercado atractivo para compañías que combinen

innovadoras técnicas de desconstrucción y responsabilidad ambiental. El reúso de materias extraídas de construcciones hoy en día es común, lo que representa una oportunidad de negocio económicamente viable. A continuación se presentan algunas empresas sobresalientes del sector.

#### **2.7.1.1. Abecol Demoliciones y Construcciones S.A.S.**

Esta empresa tiene como objeto principal de negocio la demolición de obras civiles: bodegas, casas, edificios, estructuras en riesgo y por ampliación, descapote para obras de infraestructura, obras públicas como lo son puentes peatonales y vehiculares, retiro de escombros. Esta empresa cuenta con la certificación ISO 9001.2008 BUREAU VERITAS, esto le ha permitido contar con un sistema de mejora continua aportando constantemente al desarrollo de competencias para su equipo profesional, desarrollando métodos y estrategias para mantenerse a la vanguardia del mercado.

ABECOL provee servicios de demolición y actividades relacionadas mediante el establecimiento de un ambiente laboral seguro y saludable, cumpliendo con los aspectos legales y reglamentarios, mediante prácticas de mejoramiento continuo.



**Figura 10. Demolición del edificio José Celestino Andrade llevada a cabo por ABECOL, Foto tomada de <http://www.demolicionesabecol.com/proyectos/>**



La empresa se ha caracterizado por tener responsabilidad ambiental, es por ello que todos los RCD generados son depositados en botaderos autorizados por la subdirección general de desarrollo urbano. Así el impacto ambiental generado se minimiza y se aporta a la cadena de reciclaje y aprovechamiento de material según las características de cada proyecto.

La mayor parte de los proyectos de demolición que realiza ABECOL son llevados de manera selectiva, en obra, la primera etapa de trabajo corresponde a la remoción de elementos tales como puertas, ventanas, entre otros, los cuales la empresa acepta en forma de pago. Luego se da una fase de trabajo mecánico para el desmantelamiento de estructuras existentes, éste es realizado principalmente por retroexcavadoras, para ello la empresa cuenta con (Abecol Demoliciones, 2013):

- Retroexcavadora sobre oruga Hitachi 210 con martillo hidráulico y balde.
- Retroexcavadora sobre oruga Hitachi 50 con martillo y balde.
- Retroexcavadora sobre oruga lishide 120 con martillo y balde.
- Retroexcavadora sobre oruga Hitachi 240 con martillo y balde.

Una vez desmantelada total o parcialmente una edificación, se procede a hacer una selección de material, principalmente se clasifican dos grupos, escombros y materiales fundibles, estos últimos son entregados a un tercero según los requerimientos y condiciones del proyecto y los interesados.

#### **2.7.1.2. Excavamos J.P. S.A.S**

La actividad comercial de esta empresa es el trabajo en obras civiles, específicamente lo relacionado con el alquiler de maquinaria pesada, movimiento de tierras, transporte de materiales y RCD.

De amplia trayectoria a nivel nacional EXCAVAMOS J.P. S.A.S. ha tenido repercusión en numerosas obras en el departamento de Antioquia, entre ellas podemos anotar proyectos de carácter público como el parque explora, parque industrial del sur, el metrocable Juan XXVIII, el coliseo Iván de Bedout, el paseo el poblado entre otros, lo cual le ha permitido mantenerse como una empresa líder en la región desde 1985 (Excavamos J.P. S.A.S., 2013).

#### **2.7.1.3. Abastecer demoliciones E.U.**

Abastecer demoliciones es una empresa que provee servicios y soluciones en el ramo de la demolición, su objeto de negocio se enfoca principalmente en el desmantelamiento de edificios, puentes, estructuras, vías, bodegas, casas y un sinnúmero de inmuebles que requieren este tipo de proceso.

Así mismo la compañía realiza procesos de excavación siguiendo los parámetros legales para el manejo ambiental. De esta manera se garantiza el uso adecuado de los recursos naturales que se requieren para un proyecto específico.

Esta compañía también cuenta con el servicio de compra de materiales extraídos de demoliciones, para ello apoya su operación en una bodega especializada en el comercio, ubicada en la calle 185 con carrera 15, allí se pueden encontrar puertas antiguas, ventanas antiguas, rejas antiguas y un número considerable de materiales para la construcción.

#### **2.7.1.4. Asimtex S.A.S.**

ASIMTEX es una empresa de servicios en el sector de la construcción. Se especializa en trabajos de perforación y voladuras en canteras con fines de explotación a cielo abierto para extracción de material, explanación de terrenos, su especialidad consiste en trabajos en roca, pilotes y taludes, y todo lo que se requiere la utilización de explosivo mediante su uso controlado por parte de un personal altamente calificado.

Así mismo esta compañía cuenta con guías caninos y equipos de detección de artefactos explosivos improvisados, lo cual permite realizar búsquedas y neutralización de amenazas terroristas, según el grado de inmediatez que una determinada situación lo requiera.

### **2.7.2. Lugares de Disposición Final de RCD**

Los lugares de disposición final de residuos de demolición y construcción son lugares estratégicamente seleccionados y autorizados para la disposición final, tratamiento y reutilización de estos desechos. En Bogotá se cuenta con seis (6) Sitios de Disposición Final de Escombros y Material de Excavación, Reciclaje y

Aprovechamiento, activas a agosto 15 de 2014 según el Instituto de Desarrollo Urbano.

Cada uno de estos sitios es especializado en diferentes tipos de materiales, excavación, escombros y aprovechamiento de estos. Los datos suministrados por esta institución son netamente informativos, por lo cual el IDU no garantiza que estos mismos se ajusten a ninguna situación técnica, proyecto o vigencia de permisos, es responsabilidad del usuario estar al tanto de los cambios en condiciones definidas (Instituto de Desarrollo Urbano, 2014).

#### **2.7.2.1. Reciclados Industriales de Colombia S.A.S**

Sitio de disposición final ubicado en la Vereda Siberia, Municipio de Cota; cuenta con un terreno en rehabilitación donde se realiza el descargue de los RCD, sus costos varían según la cantidad sin importar el tipo de material y su selección. Este es un sitio de disposición temporal de residuos, ya que realizan la transformación de los RCD seleccionados en agregados para la venta a constructores, produciendo materiales con altos estándares de calidad, que cumplan las normas ICONTEC, IDU e INVIAS establecidas para Colombia.

Reciclados industriales certifica la colocación de escombros ya que cuenta con registro de disposición autorizado emitido por el IDU, para la recepción de material la empresa exige unos parámetros para el arribo de residuos descritos a continuación:

- No se reciben materiales de excavación.
- Solo se recibe concreto, material granular, mampostería, acero.
- Los RCD no deben ir mezclados con sustancias tóxicas, vidrio, material orgánico, cartón ni hidrocarburos

Gracias a sus procesos de reciclaje la empresa produce material de tipo:

- TIPO IDU NORMA ET-2005
- BASE GRANULAR TIPO BG-A
- BASE GRANULAR TIPO BG-B
- BASE GRANULAR TIPO BG-C
- SUB BASE GRANULAR TIPO SBG-A
- SUB BASE GRANULAR TIPO SBG-B
- SUB BASE GRANULAR TIPO SBG-C
- SUB BASE GRANULAR ASFALTICAB400
- B600
- ARENA

- GRAVA-GRAVILLA

### **2.7.2.2. Agregados El Vínculo Ltda.**

Ubicada en el sector de Soacha, es una zona de explotación minera a cielo abierto que cuenta con el permiso para disposición final de materiales, actualmente se encarga de la disposición únicamente de materiales de excavación, y a pesar que tiene el permiso para realizar el de material granular, no lo hace debido a falta de planes de manejo y a la creciente problemática q se ha generado por la extracción principalmente de arena de peña.

Son varios los esfuerzos que la comunidad académica ha adelantado para recuperar la zona, ya que la extracción ha afectado las estructuras morfológicas haciendo inestables los predios explotados, lo que se ha convertido en una amenaza para los pocos asentamientos poblacionales aledaños (Duarte, Galeano, & Morales, 2008).

Esta empresa tiene como actividad económica principal la explotación a cielo abierto, debido a la variabilidad de la zona en cuanto a calidad de materiales, produce:

- Arena de Peña
- Arena sílice
- Recebo
- Arcilla
- Piedra rajón.

Dentro de su portafolio de productos comercializa arena de río, este agregado es traído de diferentes partes del sur de Cundinamarca.

### **2.7.2.3. Gravas Filauri S.A.**

Esta empresa tiene como razón económica principal la extracción de piedra, arena y arcillas comunes, para ello dispone de un área de explotación ubicada en el municipio de Subachoque, el rosal.

Así mismo cuenta con un permiso de plan de manejo ambiental y recuperación morfológica de la zona de la desembocadura de la quebrada hierbabuena en el río Subachoque, lo que les ha permitido ser acopiadores de material de excavación, a través de 12 años, tiempo que ha durado la licencia ambiental emitida por la CAR para esta área de influencia.

#### **2.7.2.4. Cemex de Colombia S.A.**

La Fiscala es un centro de recepción de RCD ubicado en la localidad de Tunjuelito, actualmente se encuentra en proceso de rehabilitación desde 2004, año en el cual la etapa productiva de extracción de agregados termino. La recepción de RCD tiene como objetivo la reconfiguración morfológica del terreno.

Esta zona se encuentra adscrita al directorio de proveedores del IDU y cuenta con un plan de manejo ambiental ajustado a las características y requerimientos de la zona,

El precio del material a depositar varía según el tipo de material y cantidad, todo el material debe ir seleccionado para su descargue en la cantera.

Cemex solicita a todo generador de residuos que decida realizar su disposición final de residuos en la mina, deberá llevar el concreto y mampostería totalmente seleccionado para autorizar la reutilización de este. En caso de no estar seleccionado, la empresa no se hace responsable de esos RCD, ya que los materiales son triturados para generar agregado reciclado y no pueden estar conformados por con otro tipo de material mezclado.

#### **2.7.2.5. Constructora Especializada Ltda.**

Ubicada en el Municipio de Sibate y autorizada para el tratamiento y/o aprovechamiento de desechos de excavación para adecuación de terrenos en el sector rural para la construcción.

#### **2.7.2.6. Resiescol S.A. ESP**

Ubicado en el Municipio de Mosquera, vereda balsillas, Resiescol SAS ESP es un lugar inscrito registro de escombreras del IDU, como lugar para la disposición final de materiales, puede ser mixta (acero, concreto, arcillas, excavación), el precio varía únicamente por la cantidad de material. Esta empresa está prestando además del servicio recepción final de RCD, el servicio integral de disposición, en el cual va incluido carga, transporte, disposición y aprovechamiento del RCD con una tarifa plena por m<sup>3</sup>.

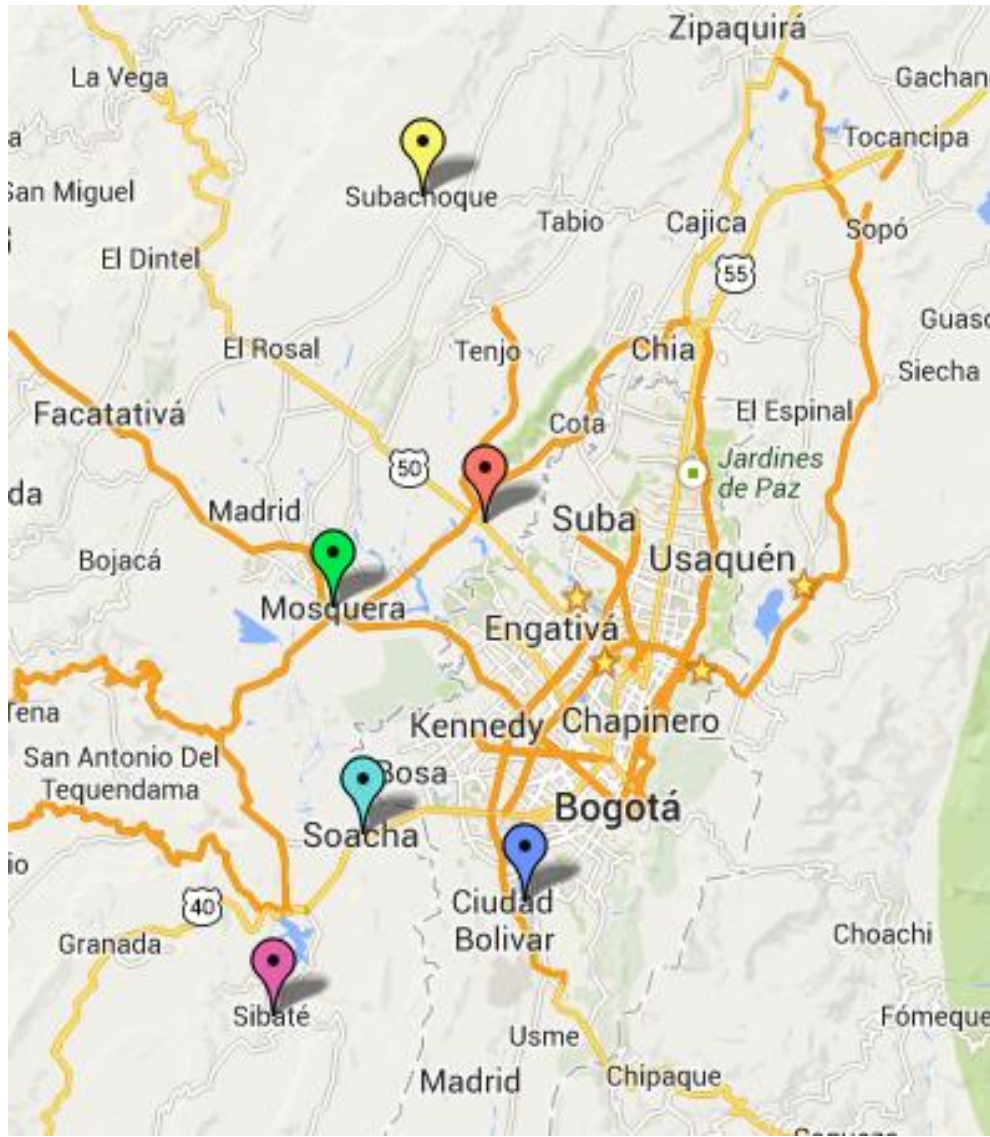
El área de influencia de la escombrera está ubicada en una zona de relieve montañoso, con pendientes moderadas altas, además presenta erosión severa a muy severa esto debido a la actividad extractiva mineral que se ha llevado en la zona, razón por la cual Resiescol mediante autorización de la CAR se encuentra






en proceso de recuperación morfológica de la zona mediante llenado con RCD, buscando una mejora tanto estructural como paisajística.

En cuanto a la permeabilidad del suelo puede estimarse que presenta un nivel bajo a muy bajo, esto se traduce en condiciones óptimas para la disposición de RCD, también se cuenta con una alta capacidad portante lo que permite contar con una alta consistencia desde el punto de vista geotécnico con el fin de la recuperación de 127.600m<sup>2</sup>.

Para la distribución final de RCD la autoridad ambiental avalo el método rampa, esta técnica de llenado consiste en disponer los RCD contra taludes naturales conformados in-situ, esto con el fin de favorecer la recuperación y la generación de estabilidad para la zona, las pendientes establecidas se fijaron en 28° para conformar terrazas de 3 metros de altura con espesores compactados de 50 cm, con tres pasadas de vibro o cinco pasadas de bulldozer.

En la figura 11, se muestra la ubicación de cada uno de los sitios de disposición final anteriormente nombrados.



-  Reciclados Industriales de Colombia S.A.S. - Siberia  
Cota, Cundinamarca, Colombia
-  Mina La Fiscala- CEMEX
-  Resiescol S.A.S. - Mosquera  
Colombia
-  Agregados el Vínculo Ltda - Soacha  
Colombia
-  Gravas Filauris S.A. - Subachoque  
Colombia
-  Constructora Especializada - Sibaté  
Colombia

**Figura 11. Ubicación Sitios de Disposición Final Bogotá. Fuente: Google Map, febrero de 2014.**

### 2.7.3. Proyectos de Demolición en Colombia

En la actualidad en Bogotá se ha venido generando la necesidad de realizar obras de demolición debido al crecimiento poblacional que se ha presentado en la ciudad en los últimos 15 años. Las obras de demolición son realizadas en su mayoría en edificaciones con una vida útil mayor a los 50 años.

En años pasados se han realizado nuevas construcciones en las instalaciones de la Pontificia Universidad Javeriana, las cuales han conllevado a que se realicen demoliciones de edificios ya existentes, estas son algunas de ellas:

#### 2.7.3.1. Edificio El Pulpo PUJ (Bogotá, Colombia)

La fecha de inicio de la demolición de esta edificación fue en Agosto de 2007, con el objetivo de ampliar las zonas verdes y de descanso.



Figura 12. Edificio El Pulpo. Fuente: Oficina de Construcciones, 2014.

Para esta demolición fue contratada la empresa J.R. Construcciones y Servicios Ltda., empresa a la cual fue adjudicado el contrato. La duración de esta obra fue programada para realizarse en 6 semanas, dando inicio el día lunes 13 de agosto de 2007 y finalizando el lunes 17 de septiembre de 2007. La obra tuvo un costo de \$44.618.420 pesos colombianos, divididos en un costo global de demolición, estructura en concreto, carpintería metálica, pintura y gastos generales (aseo y licencia de demolición).



### 2.7.3.2. Edificio Facultad de Artes PUJ (Bogotá, Colombia)

Esta obra de demolición estaba conformada por 3 diferentes edificaciones, el Edificio No. 4, la Casa Coral y el Hangar, lugares donde estaban ubicadas las oficinas de construcción, salones de artes, bodegas de la universidad, entre otros. La obra de demolición fue realizada por la empresa Pórticos S.A por medio del contrato DJO-004-12 y adjudicada la interventoría de esta misma a la empresa Restrepo y Uribe S.A.S.



Figura 13. Casa Coral, Edificio No. 4 y Hangar. Fuente: Restrepo y Uribe S.A.S, 2014.

Las tres (3) demoliciones tuvieron inicio el día lunes 26 de marzo de 2012 y su terminación fue el día 12 de Junio de 2012, para un total de 68 días de trabajo. El análisis de cada estructura difiere ya que cada una de ellas contaba con una estructura diferente con diferentes materiales; en el caso del Edificio No.4, era una estructura en “C” el cual contaba con 2 plantas, tejado en aluminio, estructura en concreto reforzado, mampostería, ventanas de aluminio y puertas en madera, lo que genera que la demolición sea mucho más rápida debido a que la selección de material es mínima. El Hangar tenía una estructura con un techo curvo en aluminio el cual se desinstalo por orden de la Universidad para su reutilización. Esto genero mayor tiempo empleado en esta demolición comparado con las demás edificaciones, ya que el aluminio del tejado fue solicitado por la universidad para su reutilización.

A continuación podemos ver los rendimientos calculados según el tiempo destinado a cada demolición y los metros cuadrados de cada una de las edificaciones:

<b>Edificio</b>	<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Duración [días]</b>	<b>Rendimiento [m<sup>2</sup>/día]</b>
Edificio No.4	3452.2	18	191.8
Casa Coral	498.0	15	33.2
Hangar	212.6	17	12.5

**Tabla 7. Rendimientos demolición Nueva Facultad de Artes. Fuente: Oficina de Construcción PUJ**

Como se mencionaba anteriormente es posible evidenciar la agilidad o el alto rendimiento que se produce en la demolición del Edificio No.4 y el bajo rendimiento que se tuvo en el edificio Hangar, debido a la diferencia de materiales que cada edificación poseía.

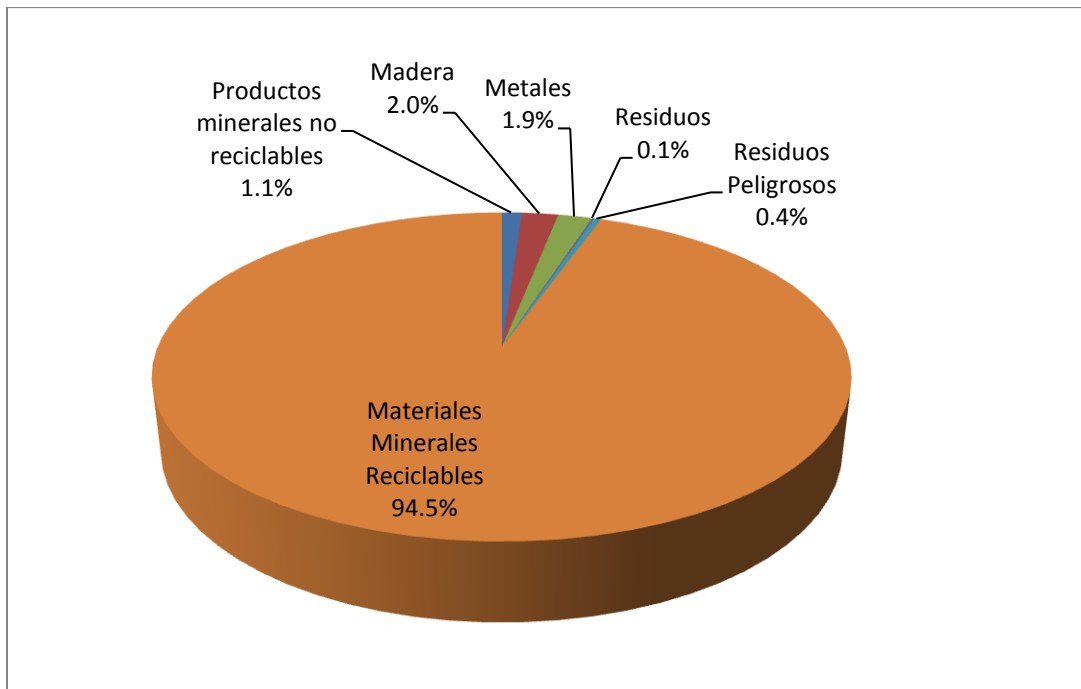
El desmontaje de elementos con posible reutilización genera en la obra de demolición mayores tiempos de trabajo, pero representan un valor monetario positivo para el proyecto por la re-venta que se genere de estos.

## **2.8. Distribución de RCD en la demolición de Edificaciones**

La gran mayoría de edificaciones a nivel mundial tienden a ser construidas con las mismas familias de materiales, concreto, acero, aleaciones, mampostería, yeso, vidrio, madera, entre otros. En las construcciones tradicionales difícilmente son otro tipo de materiales los que se usan para su construcción, el material puede no variar pero de una edificación a otra lo que varía es el la cantidad y distribución de estos materiales.

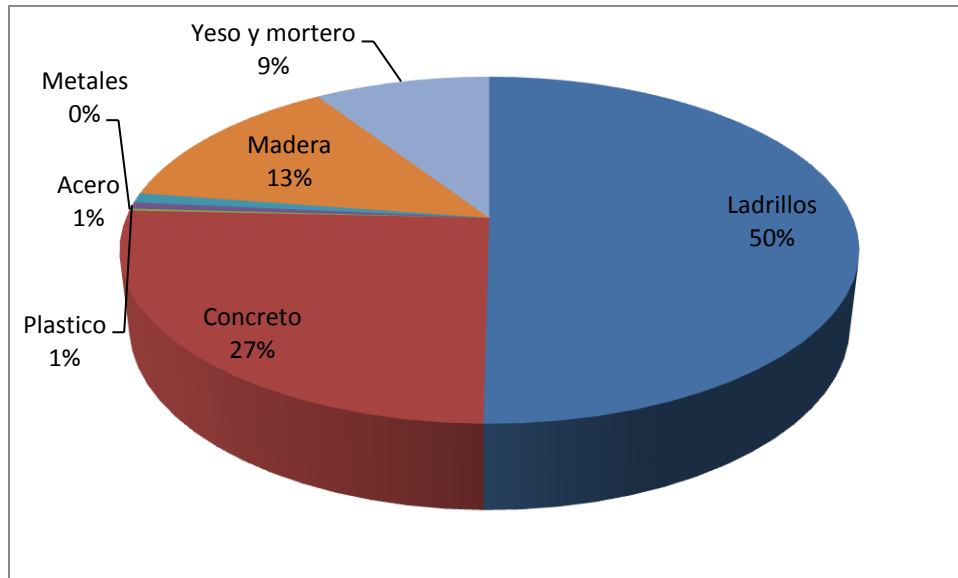
En una edificación tradicional el material más utilizado normalmente es el concreto y lo elementos que conforman un sistema de mampostería (ladrillos, bloques, etc). Después de un proceso de demolición este conjunto generalmente se encuentra

en forma de trozos de material. En la ciudad de Gennevillers, Francia, se realizó un estudio a la secundaria Galilée donde se llevó a cabo un proceso de demolición, en cual se mostró el resultado luego de distribuir los tipos de material en 29 edificios de este colegio. Es considerable la cantidad de material mineral reciclable (concreto, mampostería, etc.) con un porcentaje total de 94.5% del total de materiales de la desconstrucción realizada a los edificios que el estudio permite visualizar, en la Figura 14 se muestran los datos de la investigación (Schultmann, et al, 2011)



**Figura 14. Distribución de masa de los materiales generados por la desconstrucción de los 29 edificios de la secundaria Galilée. Fuente: (Schultmann, et at, 2001)**

En la Figura 15 se observa la distribución de los residuos consecuencia de la demolición de un edificio residencial



**Figura 15. Composición residuos de demolición edificio residencial. Fuente: (Shultmann, 2005)**

En Colombia y Latinoamérica la distribución de masa de los materiales en edificaciones, no varía mucho de los datos de los estudios europeos. En los estudios consultados y expuestos en la Figura 16, 17 y 18 podremos ver una simple comparación de la distribución de materiales en una edificación para el caso Colombiano (García Botero, 2003) (Pérez, 1996) y Argentino (Mercante, 2007) mostrando un comportamiento muy parecido al caso europeo (Schultmann, et al, 2011).

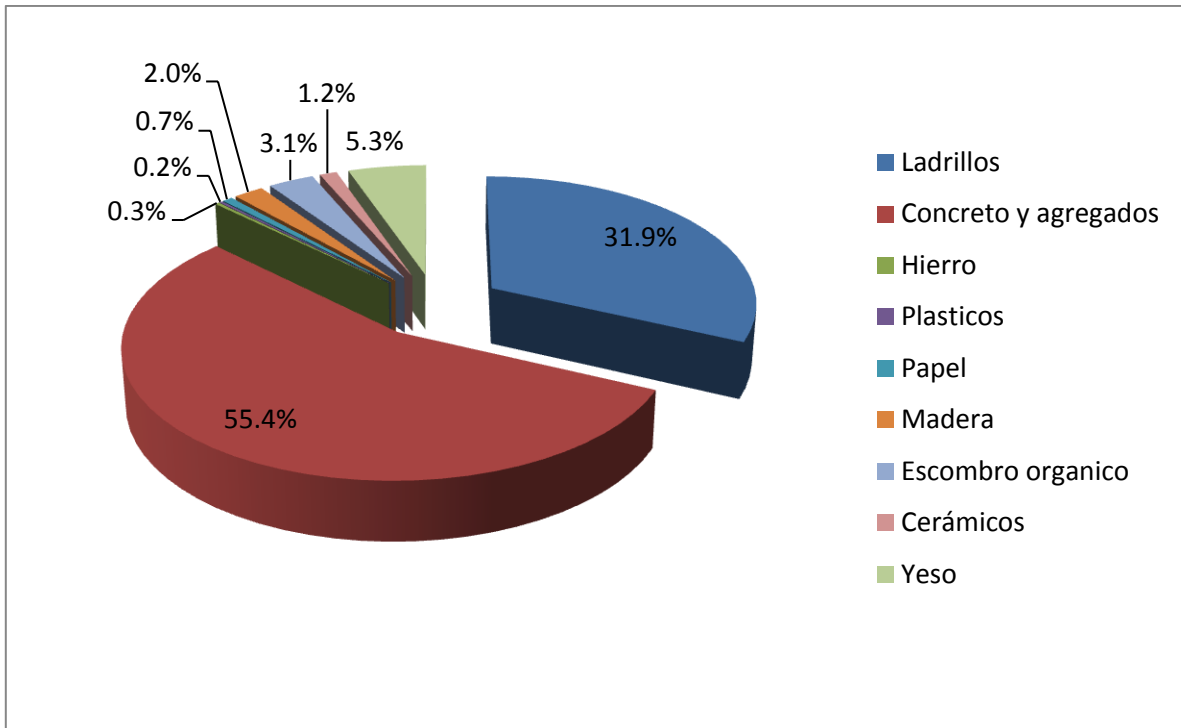


Figura 16. Distribución de RCD. Fuente: (Mercante, 2007)

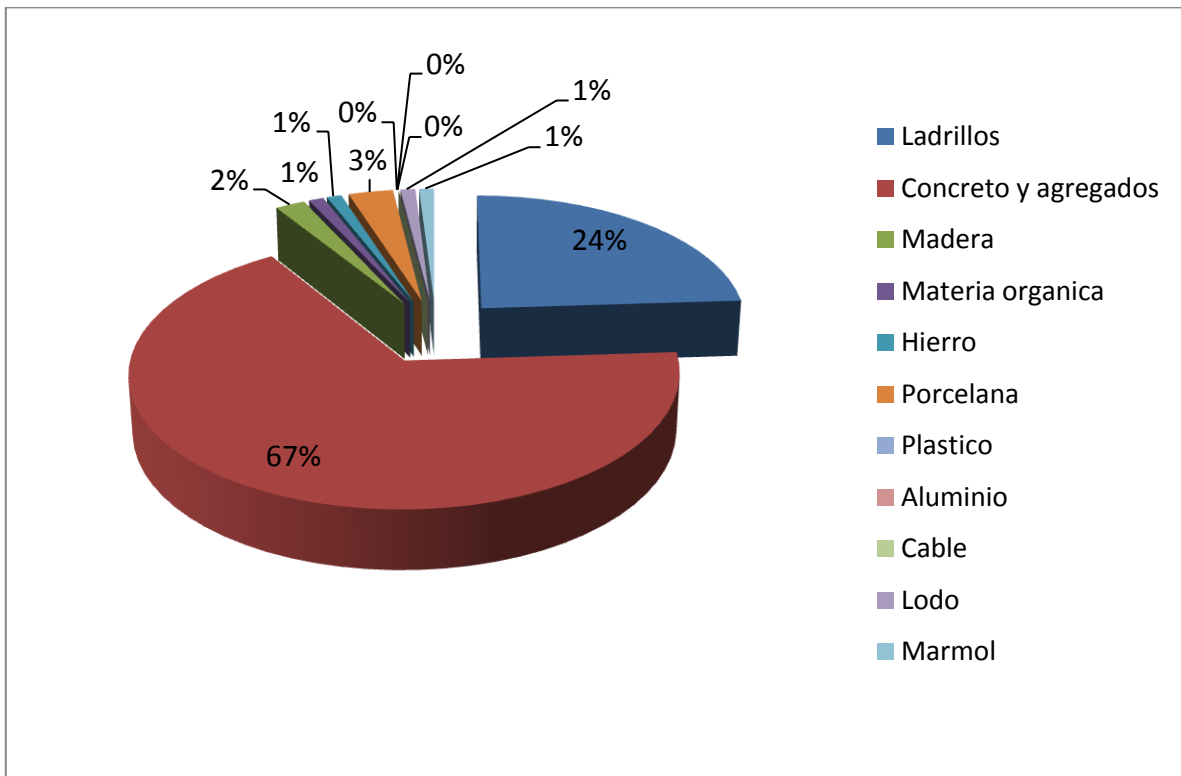
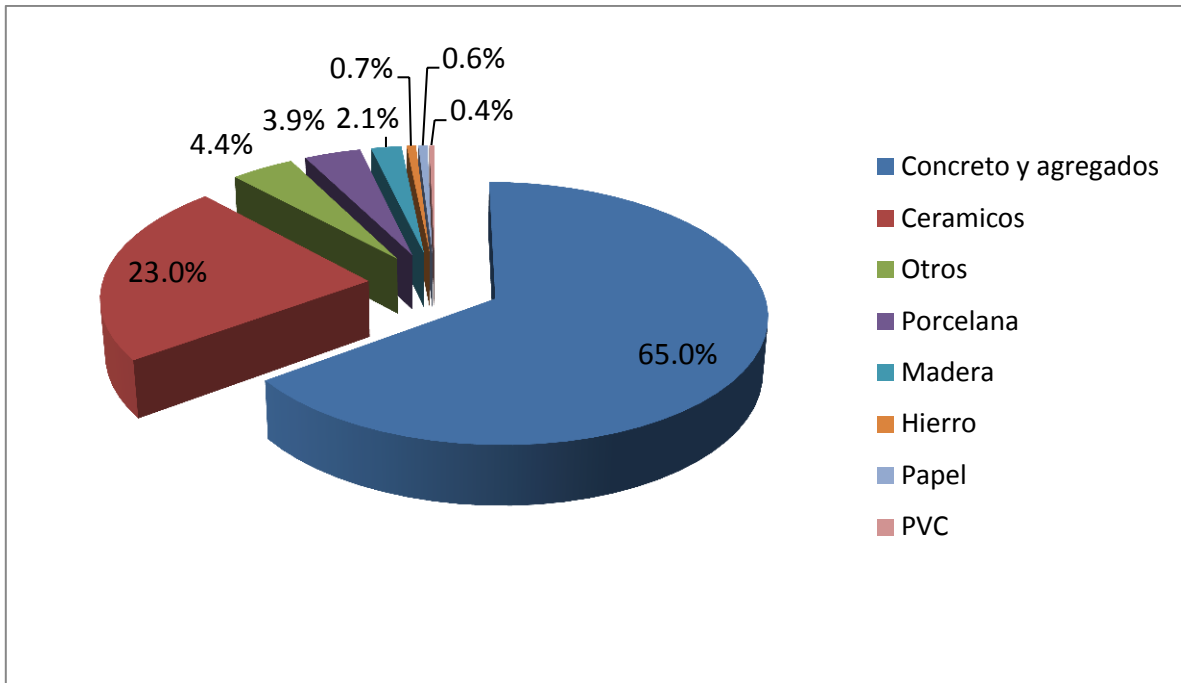


Figura 17. . Distribución de RCD. Fuente: (Pérez, 1996)



**Figura 18. Distribución de RCD. Fuente: (García Botero, 2003)**

Por medio de esta distribución y la comparación de los diferentes estudios que se muestran en las Figuras 16, 17 y 18, se puede observar como es la tipificación promedio de residuos de demolición de una edificación. Teniendo en cuenta que pueden variar algunos materiales dependiendo el tipo o uso de la estructura, pero al final, el concreto, mampostería y agregados serán los materiales que abarcarán un porcentaje entre el 80% y 95% del volumen total de la estructura.

## 2.9. Conclusiones del estado del arte

- Sin importar el método de demolición a usar (selectivo o convencional), será necesario tener presente el uso de las diferentes técnicas de demolición, ya que en algún momento de la demolición será necesario utilizar maquinaria especial o mano de obra.
- Con el pasar del tiempo el espacio en los vertederos se ve cada vez más reducido, generando un aumento en la disposición de materiales sin seleccionar.

- Los proyectos de demolición realizados en Colombia demuestran la planeación necesaria para la ejecución de una demolición y los rendimientos promedio que generan una demolición dependiendo de la distribución de materiales.
- Las demoliciones realizadas en la facultad de artes de la PUJ, generaron 3 diferentes rendimientos globales dependiendo de la edificación, para el Edificio No.4 se dio un rendimiento de 191m<sup>2</sup>/día, la Casa Coral un rendimiento de 33m<sup>2</sup>/día y el Hangar 12.5m<sup>2</sup>/día. La diferencia se debe a la facilidad de desmonte de la estructura para cada edificio.
- El sitio de disposición final más adecuada, por distancia y costo, para la disposición de RCD's es el de Reciclados Industriales para los residuos sin seleccionar y para los residuo seleccionados será el de La Fiscala en Cemex Colombia.
- La distribución de materiales de una edificación como se muestra en las figuras 14, 15, 16, 17 y 18, tienen un porcentaje similar en la cantidad de concreto, arcillas y agregados, residuos que irán a diferentes vertederos dependiendo de sus características para disposición final o reciclado.

### **3. METODOLOGÍA**

Para realizar la comparación de los dos tipos de demolición, fue necesario realizar una investigación exhaustiva sobre los procesos y logística de transporte y disposición de RCD's en la ciudad de Bogotá, costos de mano de obra, rendimientos, re-venta de materiales extraídos, costos de seguridad y costos de la maquinaria necesaria a utilizar según el tipo de proyecto. Esto con el fin de poder tener los datos necesarios para calcular un presupuesto y cronograma de cada tipo de demolición.

Buscando el cumplimiento de los objetivos planteados, se realiza la determinación del volumen de escombros producido por la obra de demolición realizada en el caso de estudio por medio de planos y datos suministrados por la Universidad Javeriana.

Se investigan las diferentes empresas encargadas del desmonte de elementos con posible reutilización y re-venta de materiales, para obtener la información necesaria de los costos de estos elementos.

De manera conjunta se realiza un mapa con la localización de diferentes sitios de disposición cercanos al caso de estudio realizado en Bogotá D.C., autorizados por el IDU, la CAR o la alcaldía del municipio donde se encuentre.

Se realiza un análisis del costo/beneficio de los dos tipos de demolición para concluir que tipo de demolición genera un mayor beneficio en relación al costo generado al contratista.

A continuación se encuentra la información del edificio de caso de estudio a demoler:

#### **3.1. Caso de Estudio**

El caso de estudio tiene como objeto principal el edificio No. 19 José Celestino Andrade de la Pontificia Universidad Javeriana en la ciudad de Bogotá, Colombia. Este estudio es realizado a un edificio en forma de "L" con un promedio de 1000 m<sup>2</sup> conformado por dos plantas y una tercera en uno de los lados de la "L".

La demolición fue realizada por la empresa ABECOL DEMOLICIONES Y CONSTRUCCIONES S.A.S. esta realizó el desmontaje leve de los materiales y utilería con posible reventa y reutilización principalmente el hierro, aluminio,



madera, cobre, vidrio, utilería, baños, cocinas, ventanas. La estructura principal del edificio equivale a concreto, acero, cerámica y piedra que es transportado a vertederos cercanos.

### 3.1.1. Descripción del edificio

- **Piso 1:** La primera planta del edificio está constituida por 2 locales comerciales, uno el Banco Davivienna con 135 m<sup>2</sup> de área y el Café Vittoria con 48.5 m<sup>2</sup> de área. El resto de esta planta se encontraba ocupado por oficinas de la universidad y Javeturismo para un total de 204.5 m<sup>2</sup>.



Figura 19. Javeturismo. Fuente: Oficina de Construcciones Universidad Javeriana.

## PISO 1 EDIFICIO JOSÉ CELESTINO ANDRADE

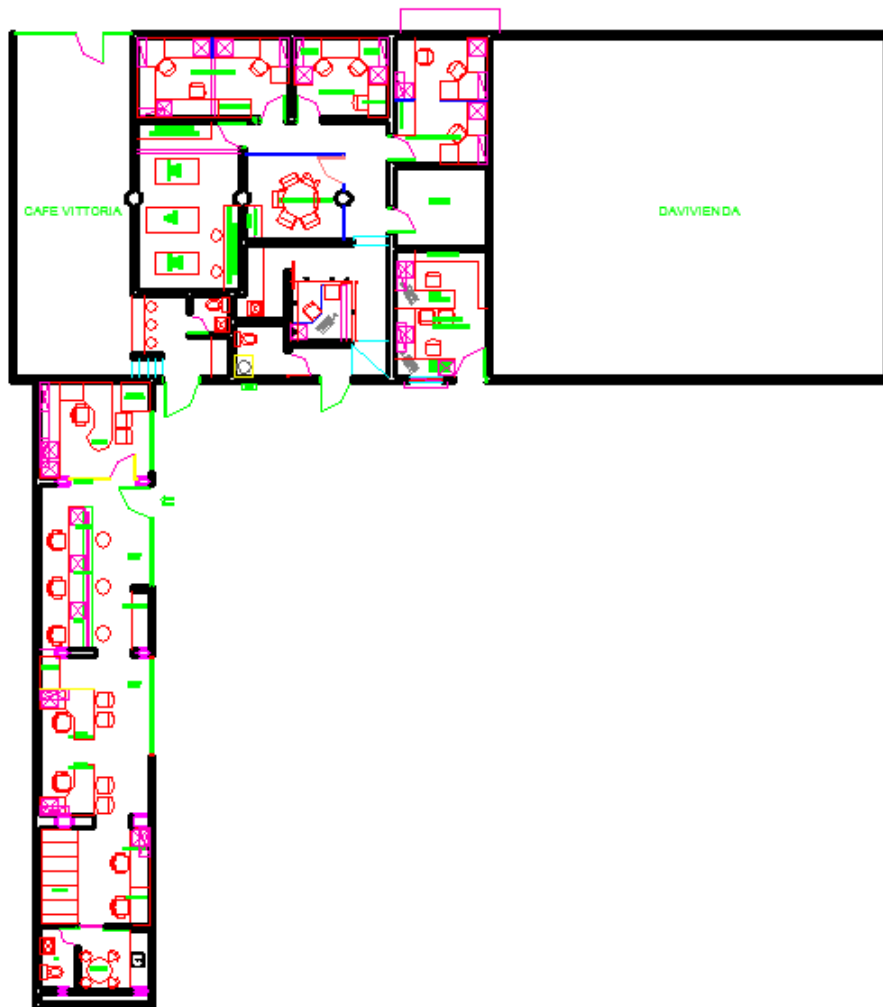


Figura 20. Piso 1 Edificio José Celestino Andrade. Fuente: Oficina de Construcciones Universidad Javeriana. Febrero de 2014

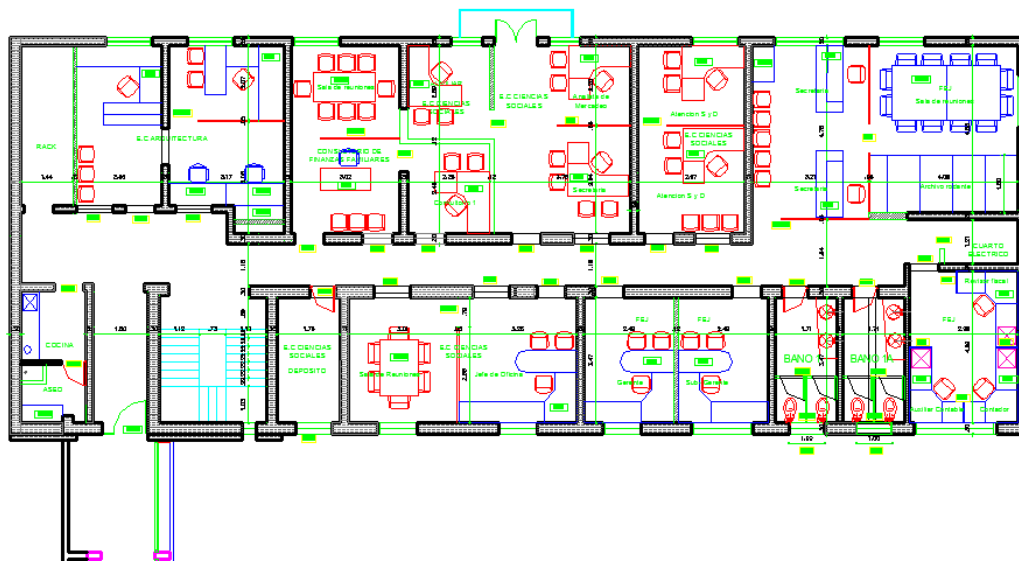
- **Piso 2:** Esta planta del edificio cuenta con un área de 309m<sup>2</sup>, constituida por una cocina, cuarto de aseo, bodega, cuarto eléctrico, 2 salas de reuniones, 2 baños y 17 puestos de trabajo con silla y escritorio cada uno.



**Figura 21. Segundo piso Edificio José Celestino Andrade. Fuente: Oficina de Construcciones Universidad Javeriana.**

Esta planta del edificio cuenta con un balcón que colinda a la Avenida Carrera 7ma - Alberto Lleras Camargo con un área de 2.35 m<sup>2</sup>. Algunos de los muros eran tipo drywall y vidrio para tener mayor número de oficinas privadas divisiones entre oficinas y de bloque con espesores de 12 cm.

## PISO 2 EDIFICIO JOSÉ CELESTINO ANDRADE



**Figura 22. Piso 2 Edificio José Celestino Andrade. Fuente: Oficina de Construcciones Universidad Javeriana. Febrero de 2014.**

- **Piso 3:** Esta planta del edificio, se comunica con el segundo nivel por medio de una escalera en forma de espiral en madera. Cuenta con una sala de reuniones, cocina, 2 baños y 28 puestos de trabajo.

## PISO 3 EDIFICIO JOSÉ CELESTINO ANDRADE

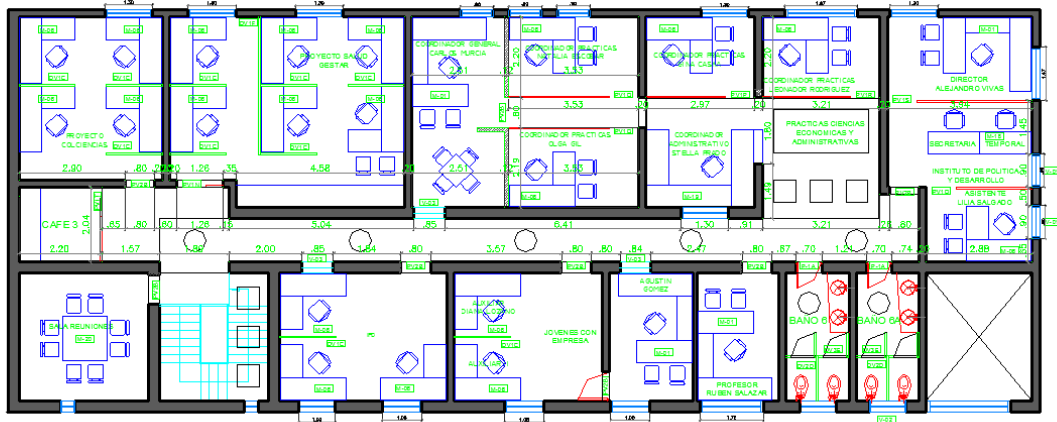


Figura 23. Piso 3 Edificio José Celestino Andrade. Fuente: Oficina de Construcciones Universidad Javeriana.



Figura 24. Piso 3 Edificio José Celestino Andrade. Fuente: Oficina de Construcciones Universidad Javeriana.

### **3.1.2. Características de la demolición del edificio**

Dentro de la demolición realizada por la empresa Abecol Demoliciones S.A.S fue necesario el uso de 16 oficiales, 4 operadores de retroexcavadoras, 1 arquitecto residente, 1 inspector de seguridad y 1 inspector de obra. El pago de cada uno de estos trabajadores se realiza mensualmente en un rango desde \$1.200.000 hasta \$4.000.000 de pesos colombianos, las horas trabajadas esta organizadas en la Tabla No. 3.

### **3.1.3. Costos Estimados**

Para los costos de esta demolición se tomaron en cuenta 3 cotizaciones presentadas en la licitación abierta por la universidad para la demolición del edificio junto con 3 edificios más, Oficina de Contacto, Edificio de Educación Continua y Centro de Documentación. El costo por metro cubico de demolición promedio de las tres cotizaciones presentadas a la Universidad Javeriana fue de \$61.220 pesos colombianos, adicional se cobró un Campamento de Obra por \$4.491.667 pesos colombianos en promedio.

Para realizar el análisis de los costos de demolición, es posible dividir las actividades en cinco categorías: Instalación campamento de obra, mano de obra directa, mano de obra indirecta, operación de maquinaria y transporte de residuos de demolición.

### **3.1.4. Cronograma de Demolición**

Dentro del contrato acordado entre la Pontificia Universidad Javeriana y el contratista Abecol Demoliciones encargado de la demolición del edificio José Celestino Andrade, acuerdan dar inicio a la obra el día 22 de abril de 2013, y su entrega de la obra para el día 29 de mayo de 2013, dando así un total de máximo 33 días para su entrega.

Para cada tipo de demolición se planteó un cronograma con las diferentes actividades a realizar recopiladas de la bibliografía antes mencionada en la descripción de los tipos de demolición.

### 3.2. Costos de Demolición

Los costos netos de una demolición selectiva se entienden como:  $(Desconstrucción + Selección de materiales + Disposición de residuos) - (Valor Re-venta) = Costo Neto de Demolición Selectiva$ ; mientras que el costo de la demolición convencional se expresa como:  $(Demolición + Disposición de residuos) = Costo neto demolición convencional$  (Guy & McLendon , 2000).

En la demolición selectiva se cuenta con un valor adicional de *re-venta de materiales* y otro de *selección de materiales*, los cuales generan la diferencia entre los dos métodos de demolición, generando mayor o menor rentabilidad en la demolición selectiva.

Dentro de los costos de una obra sea de construcción o demolición se deberá contratar diferentes cuadrillas para los trabajos a realizar. Es por esto que se debe tener en cuenta el precio costo en el que debe incurrir el contratista por la mano de obra, maquinaria y la supervisión de la obra. En la Tabla 8 se muestran estos costos mensuales según la revista Construdata (Construdata, 2013).

#### Salarios laborales correspondientes

Cargo	Salario mensual [pesos colombianos]	Salario/día [pesos colombianos]
Mano de obra calificada	\$ 1,254,000	\$ 41,800
Operador	\$ 1,776,500	\$ 59,217
Arquitecto	\$ 3,971,000	\$ 132,367
Inspector seguridad	\$ 1,358,500	\$ 45,283
Inspector obra	\$ 1,358,500	\$ 45,283

**Tabla 8. Costos mano de obra. Fuente: Informe Especial Mano de Obra. Construdata(166), (2013)**

Los costos en las Tablas 8 y 9 son precios del año 2013 con el aumento establecido por el gobierno de 4.5% para el 2014.

Dentro de los costos incurridos en la obra también se tendrá en cuenta datos investigados sobre los costos de alquiler de maquinaria necesaria para realizar los procesos de desconstrucción:

<b>Costos alquiler de maquinaria</b>			
<b>Equipo</b>	<b>Precio/hora</b>	<b>Mínimo por día</b>	
		<b>5 horas</b>	
Retroexcavadora	\$ 115,000	\$	575,000
Cargador	\$ 35,000	\$	175,000
Trituradora móvil	\$ 150,000	\$	1,200,000

**Tabla 9. Costo alquiler maquinaria. Fuente: Informe Especial de alquiler de maquinaria pesada. Construdata (2013).**

En cualquier tipo de obra de construcción o demolición, es necesario contar con los elementos de protección necesarios, cumpliendo con los lineamientos de seguridad exigidos por la autoridad pertinente, para poder minimizar los riesgos de cualquier tipo de accidente.

Estos elementos de protección generan un costo adicional en el presupuesto de la obra, cada trabajador debe tener como mínimo los elementos para su protección personal:

<b>Elemento de Seguridad</b>	<b>Costo</b>
• Casco	\$ 9,900
• Gafas de seguridad	\$ 5,900
• Guantes	\$10,900
• Botas punta de acero	\$ 47,900
• Respirador desechable	\$ 500
• Overol	\$ 38,900
• Tapa oídos	\$ 2,900
• Línea de vida y arnés de seguridad (Trabajo en alturas, dos)	\$ 229,000

**Tabla 10. Elementos de Seguridad Industrial. Fuente: Resolución 2413 de 1979**

Los costos incurridos en estos elementos son de \$ 116,900 por trabajador más 458,000 equivalentes a dos kits de línea de vida (según precios de almacenes Home Center a la fecha actual). Este costo varía según la cantidad de trabajadores contratados por la empresa, por lo tanto para cada método de demolición habrá un costo diferente para elementos de seguridad.

Esto con el fin de cumplir con los lineamientos de seguridad establecidos por la Ley 9 de 1979, que regula la prevención de daños para la salud de las condiciones laborales, y más específicamente para la construcción la Resolución 2413 de 1979, en la cual se presentan los elementos mínimos en materia de seguridad e higiene para los trabajadores del sector de la construcción, y complementada por la Ley 100 de 1993.



#### 4. APLICACIÓN DEL METODO CONVENCIONAL Y SELECTIVO PARA ESTUDIO DE LA DEMOLICION EN UN EDIFICIO COMERCIAL

Los costos y tiempo necesarios para realizar la demolición convencional y selectiva serán calculados y analizados en las siguientes tablas, se analizaron datos de rendimientos promediados según estudios realizados anteriormente (Coelho & de Brito, 2011) (Dantata et al, 2005) (Rosato, et al, 2006) y datos de empresas de demolición encuestadas (Abastecer Demoliciones y Abecol Demoliciones), con los datos suministrados por la Universidad y el contratista que realizó la demolición, se calcularon las cantidades de volúmenes y kilogramos de materiales generados por la demolición realizada. En cada tipo de demolición se analiza el desperdicio de material según el tipo de material ya que en la demolición selectiva una parte considerable de materiales van a ser vendidos para su reciclaje o reutilización.

**Distancia y honorarios para los diferentes operadores de residuos**

Operador de residuos	Distancia desde la obra (km)	Costo de vuelco de diferentes materiales (\$/m3)	
		Material seleccionado	RCD Mixto
Cemex Colombia S.A. (Seleccionado)	15	14,667	-
Resiescol S.A.S. ESP	23.5	17,500	17,500
Reciclados Industriales de Colombia S.A.S	26.5	16,500	16,500
CONSTRUCTORA ESPECIALIZADA LTDA	33	17,000	-
LIMES.A. ESP	-	27,000	27,000

**Tabla 11. Distancia y honorarios de operadores de residuos. Fuente: Consulta vía telefónica y correo electrónico a cada sitio de disposición final de RCD.**

Para el transporte y disposición final de los agregados fueron considerados cinco sitios autorizados por el IDU (Instituto de Desarrollo Urbano, 2014) como se muestra en la Tabla 11, para los materiales recuperados de la desconstrucción obtenidos en la demolición convencional y selectiva. Estos precios varían según la selección de este mismo y del sitio a transportar. Estos sitios de disposición final solo fueron usados para la disposición de residuos de altos volúmenes de materiales diferentes a los retirados en el desmantelamiento.

Los salarios de cada trabajador fueron promediados según las tablas de salarios vigentes al 2013 recopilados por referencias de empresas de demolición y la revista Construdata (Construdata, 2013). Los salarios se calcularon para pago

mensual y por hora de trabajo, normalmente en las empresas de demolición contratan los trabajadores por proyectos, los cuales pueden tener una duración aproximada de 1 a 5 meses según la estructura a demoler, por lo cual se manejan salarios mensuales con pagos quincenales, pero para este estudio se tendrá como base los salarios por hora para calcular los costos totales de cada demolición.

**Salarios laborales correspondientes**

<b>Cargo</b>	<b>Salario mensual [pesos colombianos]</b>	<b>Salario/día [pesos colombianos]</b>
Mano de obra calificada	\$ 1,254,000	\$ 41,800
Operador	\$ 1,776,500	\$ 59,217
Arquitecto	\$ 3,971,000	\$ 132,367
Inspector seguridad	\$ 1,358,500	\$ 45,283
Inspector obra	\$ 1,358,500	\$ 45,283

**Tabla 12. Salarios legales mensuales legales vigentes de trabajadores. Fuente: Departamento de recursos humanos ABECOL S.A.S.**

El cálculo del costo total de mano de obra se obtuvo de la misma forma que en la demolición convencional, el número de trabajadores de cada tarea se multiplicó por la duración de la tarea y luego se aplicó el salario correspondiente por hora laborada. Los rendimientos allí descritos son datos calculados por medio de información suministrada por dos de las más grandes empresas especializadas en demolición de estructuras (Abastecer Demoliciones y Abecol Demoliciones), estos datos fueron comparados con los datos del estudio realizado en Portugal (Coelho & de Brito, 2011) mostrando gran similitud como muestra la Tabla 13.

Actividad	Rendimientos					
	Datos del Abecol		Datos del Abastecer		Datos (Coelho and Brito, 2010)	
	H h/m2	H h/un	H h/m2	H h/un	H h/m2	H h/un
Extracción de yeso	0.34		0.26		0.3	
Extracción madera	0.16		0.16		0.16	
Extracción de tapetes	0.20		0.19		0.213	
Extracción de puertas	0.44		0.39		0.486	
Extracción de ventanas, vidrio	0.66		0.66		0.673	
Extracción de techo	1.20		1.20		-	
Extracción de divisiones		0.77		0.73		-
Extracción de cocina		6.00		6.00		-
Extracción de accesorios baños		0.54		0.52		0.103
Extracción de grifos (puntos agua)		0.13		0.15		0.103
Demolición convencional	0.20		0.21		0.05	
Separación de material	0.30		0.30		0.3	
Limpieza y transporte	0.11		0.05		0.2	
Aragado de trituración	0.03		0.03		0.033	

**Tabla 13. Rendimientos empresas Colombia y caso de estudio europeo: Fuente: Elaboración propia en base a información suministrada por las dos empresas.**

El costo del alquiler de la maquinaria fue tomado según las cotizaciones realizadas a algunas empresas de alquiler de maquinaria. Para cada máquina es necesario pagar un mínimo de 5 horas diarias, se use o no el equipo. Por lo cual para el cálculo del valor total de arrendamiento se tomaron los precios de las 5 horas por día trabajo multiplicado por la cantidad de equipos necesarios.

#### Costos alquiler de maquinaria

Equipo	Precio/hora	Minimo por día 5 horas	Demolición	
			Selectiva - 28 días	Convencional - 20 días
Retroexcavadora	\$ 115,000	\$ 575,000	\$ 9,200,000	\$ 9,200,000
Cargador	\$ 35,000	\$ 175,000	\$ 4,900,000	\$ 3,500,000
Trituradora móvil	\$ 150,000	\$ 1,200,000	\$ 3,600,000	\$ 3,600,000
Total			\$ 17,700,000	\$ 16,300,000

**Tabla 14. Costos alquiler de maquinaria. Fuente: Departamento comercial abastecer demoliciones.**

#### 4.1. APLICACIÓN MÉTODO CONVENCIONAL

En el escenario de la demolición por el método convencional, se hará una evacuación simple de los elementos de la estructura (elementos que no requieran trabajos de extracción) para continuar con la demolición de la estructura, generalmente de forma mecánica.

En la Tabla 15 se muestran los rendimientos, tiempos y cantidades totales calculados para la mano de obra directa e indirecta utilizada en el edificio No.19 José Celestino Andrade para el caso de la demolición convencional (rendimientos promedio de los 3 estudios de la Tabla 13), luego se procedió a multiplicar el número de trabajadores para una tarea determinada por la duración de la tarea, finalmente se aplicó el salario laboral correspondiente.

Datos de entrada y cálculos para estimar los costos y duración de la demolición convencional

Actividad	Trabajo						Area (m <sup>2</sup> )	Rendimiento		Orden de operaciones
	Mano de obra calificada		Maquinaria		Supervisión			Datos del contratista		
	Personal	Horas	Operador	Horas	Supervisor	Horas		H h/m <sup>2</sup>	H h	
Demolición convencion	4	50.4	2	7	1	2.81	1006	0.200	201.70	1
Limpieza y transporte	5	21.5	2	22	1	19	1006	0.107	107.57	2
Agregado de trituración	3	11.1	3	11.1			1006	0.033	33.20	3

**Tabla 15. Rendimientos y tiempos de demolición convencional. Fuente: Economic analysis of conventional versus selective demolition (2011)**

Para el escenario de la demolición convencional, se tomaron únicamente datos del costo de transporte y disposición de los materiales para su tratamiento y reutilización, como se muestra en la Tabla 11.

**Costos de transporte para la demolición convencional**

Composición de material	%	m3	Destino	Viajes -	Costo	Total
				15 m3	\$/m3	Costo
Concreto, mampostería, tejas, azulejos, materiales cerámicos (agregado)	90.2	857.88	Reciclados Industriales de Colombia S.A.S	74.3	\$ 16,500	\$ 18,401,452
Yeso	0.5	4.30	Reciclados Industriales de Colombia S.A.S	0.4	\$ 16,500	\$ 70,950
Madera	0.03	0.33	Chatterreia Ruby	0.03	\$ 19,500	\$ 6,338
Vidrio	0.9	8.18	Chatterreia Ruby	0.7	\$ 19,500	\$ 159,578
Puertas	0.4	3.40	Reciclados Industriales de Colombia S.A.S	0.3	\$ 16,500	\$ 56,100
Sanitarios accesorios	0.2	1.93	Reciclados Industriales de Colombia S.A.S	0.2	\$ 16,500	\$ 31,878
Cocina	0.7	6.84	Reciclados Industriales de Colombia S.A.S	0.6	\$ 16,500	\$ 112,860
Tapetes	2.0	19.35	Chatterreia Ruby	1.7	\$ 19,500	\$ 377,325
Metales, chatarra	5.1	48.50	Reciclados Industriales de Colombia S.A.S	4.2	\$ 16,500	\$ 800,250
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>950.71</b>		<b>82.4</b>	<b>\$</b>	<b>20,016,731</b>

**Tabla 16. Costos de transporte de materiales para la demolición convencional. Fuente: Archivo Demoliciones Abecol S.A.S.**

En la Tabla 16 se calculan los costos de mano de obra incurridos en la demolición convencional, teniendo en cuenta las horas trabajadas y la cantidad de personal necesario para el total de cada obra.

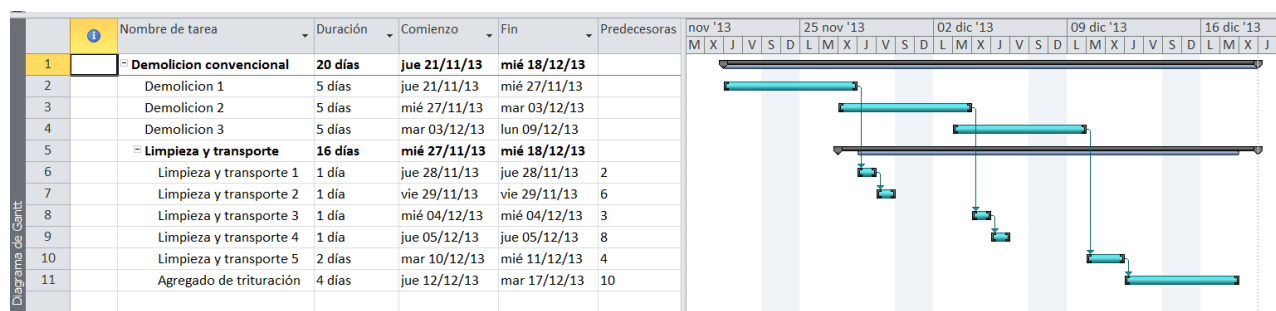
**Costo total Mano de Obra Demolición Convencional**

Actividad	Mano de obra calificada		Maquinaria		Supervisión		Costo Total [ \$ ]			
	Personal	Días	Operador	Días	Supervisor	Días	Calificada	Operador	Supervisor	Inspectores
Demolición convencional	4	6.3	2	0.875	1	0.4	\$ 1,170,400	\$ 118,433.33	\$ 132,366.67	
Limpieza y transporte	5	2.7	2	2.75	1	2.375	\$ 627,000	\$ 355,300	\$ 397,100	
Agregado de trituración	3	1.4	3	1.4	0	0	\$ 250,800	\$ 355,300	\$ -	
<b>Total</b>							<b>\$ 2,048,200</b>	<b>\$ 829,033</b>	<b>\$ 529,467</b>	<b>\$ 1,811,333</b>
									<b>Total \$</b>	<b>5,218,033</b>

**Tabla 17. Costos mano de obra demolición convencional. Fuente: Archivo Demoliciones Abecol S.A.S.**

Para la demolición convencional se realiza un desmontaje de utilería bastante sencillo, el cual nota más de un día en donde se sacan muebles y enseres de la edificación para su futura reutilización en otro edificio, los desperdicios que se generen de esta demolición serán enviados a sitios de disposición final los cuales reciben materiales mezclados, únicamente se debe realizar una selección simple de los materiales que generen peligro a la salud el cual no es el caso en esta edificación y elementos como sillas, escritorios, puertas y ventanas. Es por esto

que el tiempo necesario para este tipo de demolición es realizado según los cálculos realizados en 20 días hábiles, mientras que la demolición selectiva necesita un proceso de separación y selección de materiales que van a ser enviados a sitios de disposición final especializados en cada tipo de material, además se realiza un desmontaje de todos los elementos de la estructura que sea posible venderlos o reutilizarlos. Es por esto que la demolición selectiva tiene una duración de aproximadamente 28 días hábiles sin contratiempos, 8 días más que la demolición convencional.



**Figura 25. Cronograma Demolición Convencional**

Los 8 días más que conlleva la de demolición selectiva representan un aumento en el pago de honorarios a los trabajadores y el alquiler de maquinaria, aumentando así el costo global de esta.

Los dos cronogramas realizados a cada método de demolición son el producto de las entrevistas realizadas a las dos empresas de demoliciones, las cuales proporcionaron datos de tiempos, cuadrillas y rendimientos, obtenidos gracias a la experiencia y no ha valores que tengan en cuenta factores determinantes de la edificación de estudio. Datos por medio de los cuales fue posible calcular y realizar los posibles cronogramas de cada escenario.

Como se mencionó anteriormente en el apartado de Costos de Demolición, se deberá tener en cuenta dentro del presupuesto los elementos de seguridad del personal que va a realizar alguna labor dentro de la obra, para este caso se tendrán 3 operadores y 9 oficiales, dando un total de \$ 1'743.900 pesos colombianos en seguridad industrial del personal para la demolición convencional.

## 4.2. APLICACIÓN MÉTODO SELECTIVO

Para el escenario de una demolición selectiva, se tendrá en cuenta el desmonte de los elementos con posible re-venta dentro de la edificación como, ventanas, puertas, escritorios, sillas, vidrios, madera, accesorios de baño y cocinas, entre otros. Según el rendimiento de las cuadrillas se calcularán las cuadrillas necesarias a utilizar, el costo de estas cuadrillas y el cronograma de obra.

En la Tabla 18 se describe la cantidad de horas laboradas requeridas, los equipos usados y el personal de control asociado para cada actividad. A esto se relacionó el rendimiento promedio de las tres variables para realizar una de las tareas necesarias para llevar a cabo la demolición selectiva. Para el cálculo total del presupuesto global de la demolición se tuvieron en cuenta los costos de transporte y descargue de material seleccionado, los montos asociados a mano de obra, alquiler de maquinaria, y venta de material.

Estos datos son el resultado de una recopilación de algunas investigaciones realizadas en Colombia y el mundo (ANTOHIE, 2013) (Construdata, 2013) (Coelho & de Brito, 2011) (Dantata, Touran, & Wang, 2005), donde se evidencia gran similitud en los rendimientos de mano de obra y maquinaria en cada uno de ellos.

Datos de entrada y cálculos para estimar los costos y duración de la demolición selectiva

Actividad	Trabajo						Area (m <sup>2</sup> )	Cantidad (Un)	Rendimiento			Orden de operaciones
	Mano de obra calificada		Maquinaria		Supervisión				Datos del contratista			
	Personal	Horas	Operador	Horas	Supervisor	Horas			H h/m <sup>2</sup>	H h/un	H h	
Extracción de yeso	2	6.6	1	0.4	1	0.5	43.7	0.30		13.12	2	
Extracción madera	3	19.8	1	3.7	1	3.0	370.7	0.16		59.31	2	
Extracción de tapetes	6	21.5	1	6.5	1	0.6	645.0	0.20		129.00	1	
Extracción de puertas	2	20.1	1	2.0	1	2.0	91.8	0.44		40.21	2	
Extracción de ventanas, vidrio	6	23.3	1	2.3	1	2.3	211.6	0.66		139.68	3	
Extracción de techo	4	92.7	1	9.3	1	9.3	309.0	1.20		370.80	4	
Extracción de divisiones	1	11.3	1	3.0	1	0.5		15	0.75	11.25	4	
Extracción de cocina	2	6.0	1	0.6	1	0.6		2	6.00	12.00	5	
Extracción de accesorios baños	2	7.4	1	0.2	1	0.6		28	0.53		6	
Extracción de grifos (puntos agua)	1	1.3	1	0.1	1	0.6		10	0.13		6	
Demolición convencional	6	2	2	7	1	2.81	1006	0.20		201.70	7	
Separación de material	3	7	1	7	1	2	1006	0.30		301.80	8	
Limpieza y transporte	4	11	2	22	1	19	1006	0.11		107.57	-	
Aragado de trituración	1	8	3	11.1	1		1006	0.03		33.20	9	

**Tabla 18. Datos y cálculos de entrada para estimar el costo la demolición selectiva y la duración. Fuente: Economic analysis of conventional versus selective demolition (2011)**



**Venta y Costos de transporte para la demolición selectiva**

Composición de material	%	Kg	m3	Destino	Distancia [km]	Viajes - 15 m3	Costo		Venta		Total					
							\$/kg	\$/m3	\$/kg	\$/m3	Costo	Venta				
Concreto, mampostería, tejas, azulejos, materiales ceramicos (agregado seleccionado)	90.24		857.88	Cemex Colombia S.A.	15	74.35	\$	12,300			\$	13,717,446				
				Reciclados Industriales de Colombia S.A.S	26.5		\$	16,500			\$	18,401,452				
				Resiescol S.A.S. ESP	23.5		\$	17,500			\$	19,516,691				
Yeso	0.45		4.30	Reciclados Industriales de Colombia S.A.S	26.5	0.37	\$	16,500			\$	92,235				
				Resiescol S.A.S. ESP	23.5		\$	17,500			\$	97,825				
Madera	0.03	97.50	0.325	Reciclados Industriales de Colombia S.A.S	26.5	0.03	\$	16,500			\$	1,608,750				
				Resiescol S.A.S. ESP	23.5		\$	17,500			\$	1,706,250				
Vidrio	0.86	8,183.50	8.18	Chatterreia Ruby	-	0.71	\$	60,000	\$	100	\$	638,313.00	\$	818,350		
Puertas	0.36	1,020.00	3.4	Chatterreia Ruby	-				\$	1,000			\$	1,020,000		
Sanitarios accesorios	0.20	2,415.00	1.93	Chatterreia Ruby	-				\$	46,574			\$	89,981		
Cocina	0.72	11,286.00	6.84	Chatterreia Ruby	-				\$	175,439			\$	1,200,000		
Tapetes	2.04	3,225.00	19.35	Chatterreia Ruby	-				\$	3,333			\$	64,494		
Metales, chatarra	5.10	10,870.33	48.50	Gerdau Diaco S.A.	-				\$	350			\$	3,804,616		
<b>Total</b>	<b>100</b>		<b>950.71</b>									<b>\$</b>	<b>16,056,744</b>	<b>\$</b>	<b>6,997,440</b>	
															<b>\$</b>	<b>9,059,304</b>

**Tabla 19. Venta y Costo de transporte de materiales para la demolición selectiva. Fuente: Elaboración propia en base a los costos obtenidos por consulta vía telefónica y correo electrónico para cada una de las empresas mostradas.**

En la Tabla 19 se muestra el precio de reventa y costos para el transporte y disposición final de los materiales extraídos en el desmantelamiento y la demolición correspondientemente, recuperándose la mitad del gasto generado por la disposición de materiales de cantera por medio de la reventa de los materiales con posible reutilización y reciclaje.

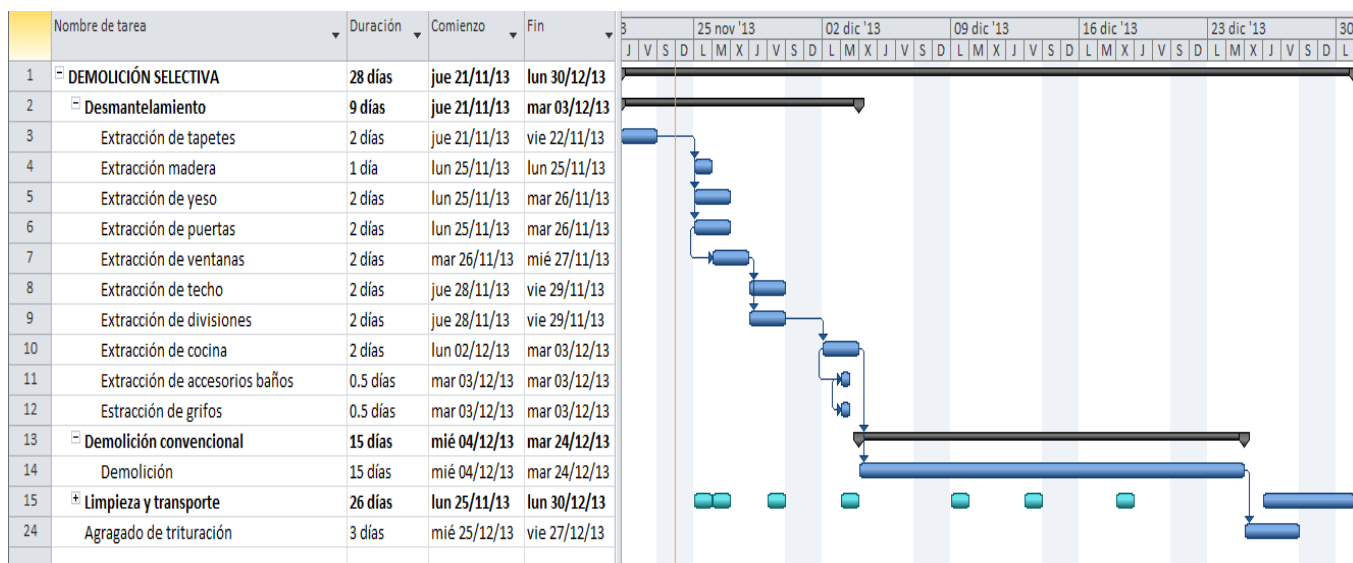
**Costo total Mano de Obra Demolición Selectiva**

Actividad	Mano de obra calificada	Días	Operador	Días	Supervisor	Días			
							Operador	Supervisor	Inspector
Extracción de yeso	2	0.82	1	0.05	1	0.06	\$ 3,237	\$ 8,273	
Extracción madera	3	2.47	1	0.46	1	0.38	\$ 27,439	\$ 49,638	
Extracción de tapetes	6	2.69	1	0.81	1	0.08	\$ 47,743	\$ 10,672	
Extracción de puertas	2	2.51	1	0.25	1	0.25	\$ 14,881	\$ 33,264	
Extracción de ventanas	6	2.91	1	0.29	1	0.29	\$ 17,232	\$ 38,519	
Extracción de techo	4	11.59	1	1.16	1	1.16	\$ 68,617	\$ 153,380	
Extracción de divisiones	1	1.41	1	0.38	1	0.06	\$ 22,206	\$ 8,273	
Extracción de cocina	2	0.75	1	0.08	1	0.08	\$ 4,441	\$ 9,928	
Extracción de accesorios baños	2	0.93	1	0.03	1	0.08	\$ 1,480	\$ 9,928	
Extracción de grifos (puntos agua)	1	0.16	1	0.01	1	0.08	\$ 740	\$ 9,928	
Demolición convencional	6	0.25	2	0.88	1	0.35	\$ 103,629	\$ 46,494	
Separación de material	3	0.88	1	0.88	1	0.25	\$ 51,815	\$ 33,092	
Limpieza y transporte	4	1.38	2	2.75	1	2.38	\$ 325,692	\$ 314,371	
Agragado de trituración	1	1.00	3	1.38	1	0.00	\$ 245,734	\$ -	
Total							\$ 934,888	\$ 725,757	\$ 2,535,867
								<b>Total</b>	<b>\$ 8,776,172</b>

**Tabla 20. Costos mano de obra demolición selectiva. Fuente: Información obtenida de operaciones Demoliciones Abecol S.A.S.**

Para este tipo de demolición el tiempo total empelado fue de 28 días como se observa en la Figura 26, obtenidos mediante los rendimientos de cada cuadrilla y el área total a demoler. Para este tipo de demolición son necesarios 9 días de desmantelamiento, en los cuales se realiza el desmantelamiento de la mayor cantidad de elementos y materiales para la reventa y posible reutilización.

Por medio de este método de demolición es posible obtener ganancias económicas y ambientales por medio de la venta de la utilería y material a reciclar o reutilizar, y por medio del reciclaje y reutilización se disminuye el impacto ambiental generado por la obra de demolición.



**Figura 26. Cronograma Demolición Selectiva.**

En este escenario será se cuenta con más cuadrillas que en el método convencional como se muestra en la figura 20, por lo cual será necesario tener un presupuesto mayor en seguridad industrial. Serán necesarios 16 oficiales y 2 operarios, generando un costo de \$2'562.200 pesos colombianos al escenario de la demolición selectiva.

Como se esperaba un costo mayor debido a la gran cantidad de personal necesario para realizar los trabajos de extracción de elementos para la re-venta y reutilización.

## **5. GUÍA DE DEMOLICIÓN PARA EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C. PARA EL AÑO 2014-2015**

### **5.1. Introducción**

El presente documento tiene como objetivo, guiar al contratista interesado la ejecución de una demolición, en todo el proceso necesario para realizar el proyecto cumpliendo con todo el marco legal y técnico necesario para realizar la demolición bajo unos lineamientos básicos de seguridad y cumplir con la minimización de residuos generados en la obra.

La guía cuenta con los pasos para poder realizar una demolición selectiva de los materiales, haciendo la disposición adecuada de todos los RCD en los sitios de disposición final de residuos autorización por el IDU y las alcaldías donde se encuentra cada uno ubicado.

### **5.2. Recomendaciones de Seguridad**

Para la ejecución de una obra ya sea de remodelación, demolición o de construcción, deberá cumplirse con los lineamientos de seguridad establecidos por el Ministerio del Trabajo. Estos son algunas recomendaciones para cumplir con los lineamientos establecidos:

#### **5.2.1. Plan de Manejo de Transito**

De acuerdo al artículo 101 de la Ley 769 de 2002 del Código Nacional de Transito, toda empresa pública, privada o persona particular, que genere o altere algún cambio en la movilidad del espacio público, deberá contar con la aprobación de la autoridad competente, por lo que será necesario realizar un Plan de Manejo de Transito(PMT).

El Plan de Manejo de Transito tiene como objetivo disminuir el posible impacto generado en el tráfico, debido a las obras desarrolladas por un proyecto establecido. Con el propósito de brindar un ambiente seguro, ágil y con la menor incomodidad posible a los conductores, peatones, vecinos y personal de obra (Municipio de San Juan de Pasto, 2011).

Para la presentación del PMT el contratista deberá incluir los siguientes aspectos:

Un diagnóstico de:

- Usos del suelo
- Ubicación de sitios especiales, es decir que por sus características de tránsito, requieran un tratamiento especial.
- Zonas y horarios de cargue y descargue

Estudios de:

- Aforos vehiculares por tipo de vehículo.
- Aforos de transporte público.
- Aforos peatonales.
- Aforos de bicicletas.
- Estadísticas de accidentalidad
- Medición de velocidad por tipo de vehículo en el tramo, incluyendo las vías que se destinarán a desvíos.

Tratamientos de tipologías de transporte, para garantizar su normal circulación:

- Manejo de trafico liviano
- Manejo de transporte publico
- Manejo de tráfico pesado
- Manejo peatonal y personas con movilidad reducida
- Manejo de bicicletas

### **5.2.2. Señalización de áreas de trabajo**

La colocación de los elementos necesarios de seguridad para demarcar las zonas de trabajo y sus zonas de aproximación, debe realizarse antes de iniciar cualquier actividad de la demolición.

- Adecuar senderos peatonales con malla traslucida y colombinas en madera y concreto, separadas cada 3 metros.
- En caso de la presencia de zanjas, es necesario la utilización de camillas o tablonés para pasos seguros.
- Las vías con flujo de vehículos cercanos a la obra y sitios de recolección de escombros, deben ser debidamente demarcados con conos y barricadas desde 50 metros antes, en ningún caso se debe ocupar más de un carril y se debe tener un paletero dando vía a los vehículos, en algunos casos será necesario realizar la implementación de un PMT.
- Instalar señales informativas y preventivas en el área de trabajo para el tráfico vehicular y peatonal.
- Al final de cada día el cerramiento debe quedar debidamente colocado sin roturas o perforaciones.
- El acopio de materiales y escombros deberá demarcarse con 3 líneas de cinta de seguridad y colombinas.

### **5.2.3. Equipo personal de seguridad (PPE)**

El equipo de seguridad personal con el cual debe contar cada persona será el siguiente:

- Casco - NTC 1523
- Guantes – NTC 5684
- Gafas de seguridad – NTC 1771
- Botas punta de acero – NTC 2257
- Respirador desechable
- Pantalones largos – NTC 5049
- Tapa oídos
- Línea de vida – NTC 2037
- Arnés de seguridad – NTC 2037

Cada elemento es obligatorio para los trabajadores dentro de la obra, y estos mismos tienen especificaciones presididas por las Normas Técnicas Colombianas.

<p>CASCO</p> 	<p>GUANTES</p> 	<p>GAFAS DE SEGURIDAD</p> 
<p>RESPIRADOR DESECHABLE</p> 	<p>PANTALONES LARGOS</p> 	<p>TAPA OÍDOS</p> 
<p>ARNÉS DE SEGURIDAD</p> 	<p>BOTAS PUNTA DE ACERO</p> 	<p>LÍNEA DE VIDA</p> 

Figura 27. Fotografías de las partes que conforman el Equipo Básico de Seguridad.

#### 5.2.4. Trabajo en Alturas

Para trabajos en altura será necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones para el Contratista e Interventoría.

- Andamios:
  - Los trabajos en andamios, deben controlarse y revisar que estén bien contruidos y con materiales adecuados.
  - El ancho del andamio debe de ser de 60 cm de ancho.
  - Las barandas y zócalos se deben fijar de los montantes
  - Ningún tablón debe sobrepasar su soporte externo más de 20 cm
  - Distribuir el peso en forma pareja
  - Apoyarlos sobre superficies firmes.
  
- Escaleras simples:
  - Recomendable utilizar escaleras metálicas
  - La escalera debe ser apoyada contra la pared en un ángulo de 75° aproximadamente para evitar su vuelco o deslizamiento.
  - Largueros deben sobrepasar 1 metro el punto superior de apoyo
  - Utilizar por un trabajador.
  - No apoyar sobre ladrillos
  - Ascenso y descenso debe realizarse de frente a la escalera.
  
- Arnés de seguridad:
  - Antes de usarlo se debe hacer una inspección visual(bandas, costuras y piezas metálicas)
  - Si es posible, asignar el arnés a un solo trabajador.
  - Seleccionar un punto de anclaje rígido para evitar desgarres desprendimientos y el uso de una línea de vida.
  - Todo arnés que haya experimentado una caída, esfuerzo considerable o no haya sido bien catalogado en inspección visual, deberá ser desechado.

Los trabajos en alturas se rigen bajo la Resolución 1409 de 2012 modificada parcialmente por la Resolución 3368 de 2014, que tiene como objeto establecer el reglamento de seguridad para la protección contra caídas en trabajo en alturas. Para el caso de trabajos en el área de la construcción será obligatorio el cumplimiento de esa resolución a partir de trabajos en alturas de 1,80 m.



La formación y el certificado de entrenadores para alturas son regulados por el Ministerio de Educación Nacional. Los organismos certificadores serán acreditados por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC), es necesario que las personas que vayan a realizar trabajos de altura estén certificadas por esta organización.

#### **5.2.5. Protección y prevención de incendios**

Para dar inicio a una demolición es recomendable tener un “plan de incendios” antes de iniciar la obra, en este se deberá tener un plan de evacuación para los trabajadores del lugar. Las siguientes son unas reglas propuestas para planes de prevención de incendios (Bradley Guy Associate Director and University of Florida Center for Construction and Environment, 2003):

- El cableado eléctrico y equipo para proporcionar luz, calor o energía deben ser instalados por una persona competente que realice inspecciones regularmente.
- Los combustibles para la maquinaria debe almacenarse en un lugar seguro.
- Para recargar de combustible los equipos de trabajo, es necesario que se encuentren apagados en el momento de recarga.
- Prohibido fumar en las zonas con materiales peligrosos.
- Las vías de acceso entre y alrededor del almacenamiento de combustibles deben tener como mínimo un ancho de 4.5 metros.
- Es necesario designar un lugar dentro de la obra para la dotación de planes, información de emergencia y equipo.
- Mantener un amplio número de extintores portátiles cargados.
- Todos los equipos móviles deben contar con un extintor portátil.

#### **5.3. Requisitos Ambientales**

Para el cumplimiento de los requisitos ambientales estipulados por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), en este numeral se detallan las obligaciones que deben cumplir los Contratistas de la demolición como

Generadores de RCD, según el Plan de Manejo Ambiental (Secretaría Distrital de Ambiente, 2010):

- Realizar inscripción como generador de residuos ante la SDA, para el proceso de inscripción se debe enviar una carta a la Secretaria Distrital de Ambiente usando el formato establecido en el Anexo 6.3. Posterior a esto se le asignará una clave y usuario para terminar el registro de generadores de residuos vía web.
- Elaboración del Plan de Gestión de RCD para cada proyecto.
- Inscribir cada proyecto por ejecutar y obtener el PIN correspondiente.
- Se debe reportar mensualmente la cantidad de RCD generado en el proyecto en la página web <http://kuna.ideam.gov.co/>.
- Se debe reutilizar o aprovechar el porcentaje de RCD estipulado a la fecha por la Resolución 1115 de 2012.
- En cada frente de trabajo se deberá tener un inventario de los RCD (tipo, cantidad y poseídos).
- Los RCD se entregaran clasificados y separados para poder ser transportados.
- El transporte de los RCD debe encontrarse debidamente registrado ante la SDA y tener PIN.
- Es necesario poder garantizar la entrega de los RCD en los Sitios de Disposición Final legalmente constituidos.

Los siguientes son requisitos ambientales exigidos para las demoliciones en Bogotá D.C. para la normal continuidad del proyecto:

- Antes de iniciar cualquier actividad, se hará una inspección al sitio de la obra, para definir la señalización requerida. Esto para definir si la señalización será para peatones o vehículos (señales preventivas y reglamentarias).
- Adecuar los accesos peatonales a la obra para evacuación de escombros y entrada y salida de vehículos.
- Adecuar el área de equipo, contenedores, canecas de residuos y cargue y descargue de materiales.
- Garantizar la iluminación durante todo el tiempo que dure la demolición.
- Los residuos, materiales, o cualquier otro objeto perteneciente a la demolición no debe inferir pasos peatonales ni vehiculares.

- Se deben humedecer los materiales de demolición, relleno, escombros, para evitar la emisión de partículas en el aire.
- Adecuación de camillas para el paso de personas en los lugares que se requieran.
- Los sobrantes de la obra (residuos, escombros) no deben permanecer más de 24 horas en el sitio de la obra.
- Se debe contar con los equipos y personal de aseo necesarios antes de iniciar cualquier obra.
- En caso de lluvias no se podrá operar ni trabajar con grúas.

#### **5.4. Plan de Gestión Ambiental**

El plan de gestión ambiental es un plan obligatorio para cualquier tipo de proyecto en el que se generen RCDs y será realizado por el generador de estos mismos. Dentro de este plan será necesario realizar una inspección de la edificación, para poder definir que materiales pueden ser reutilizados, reciclados y cuales irán a vertederos. Algunos de los factores que se deben tener en cuenta en el momento de la inspección son los siguientes (Instituto de Desarrollo Urbano, 2008):

- Tener en cuenta si la estructura es mayor a 50 años
- Realizar una inspección de los materiales peligrosos como asbesto o plomo.
- Buscar signos de inestabilidad estructural
- Buscar los materiales con una posible venta potencial.
- Examinar los lugares de apoyo, es decir, columnas o muros que soporten la cubierta, vigas o cualquier elemento sobre los puntos estables de la estructura.
- Examinar la cubierta de la edificación y su estructura.

Muchos edificios antiguos pueden tener muros nuevos instalados en drywall o instalado sobre tableros de madera u otros materiales que pueden ser de gran valor, más que nada en edificios de gran antigüedad suelen encontrarse grandes cantidades de madera de alto costo de re-venta.

Dentro de los objetivos del Plan de Gestión Ambiental está el cumplimiento de los requisitos que establece la Resolución 1115 de 2012:

- Garantizar la trazabilidad del material que sale de la obra en forma de residuo
- Garantizar el destino del material que sale de la obra en forma de residuo
- Garantizar la separación desde el origen del residuo en función de su tipología
- Garantizar la formación del personal que interviene en las diferentes fases constructivas para que lleven a cabo la buena gestión del residuo
- Garantizar la buena ejecución del plan de gestión de residuos de la obra.

Para realizar el Plan de Gestión Ambiental se deben definir las medidas necesarias para la minimizar la generación de residuos. Por lo cual se dan las siguientes recomendaciones a tener en cuenta antes de iniciar el proyecto (Secretaría Distrital de Ambiente, 2010):

- Disponer de información sobre la gestión de residuos
- Disponer de información sobre los Sitios de Disposición Final de Residuos
- Planeación de la separación y recogida selectiva de residuos.
- Clasificar los residuos según el destino previsto

#### **5.4.1. Inspección Visual**

La inspección visual será la primera actividad a realizar antes de cualquier actividad, en esta inspección se deberá tener cuidado con muros y columnas en caso de estar en mal estado ya que podría generarse una caída y ocasionar consigo una tragedia.

Ítems a tener en cuenta en la inspección:

- Condición de la madera, daños por termitas y agua.
- Condición de las ventanas, puertas y molduras,
- Artefactos de iluminación en techos, baños y accesorios.
- Condición de vigas y viguetas
- Ladrillo y concreto para posible limpieza

#### 5.4.2. Identificación de materiales reutilizables o reciclables

La identificación de posibles materiales reutilizables es recomendable realizarse en seguida de la inspección visual, por medio de un inventario, en el cual se registrarán los materiales con posible extracción en la edificación. Por medio de este inventario se podrá estimar un valor de la reutilización y reventa de estos materiales (Bradley Guy Associate Director and University of Florida Center for Construction and Environment, 2003).

<b>COCINAS</b> 	<b>VENTANAS</b> 	<b>CHATARRA</b> 
<b>BAÑOS</b> 	<b>PUERTAS</b> 	<b>TEJAS</b> 
<b>MADERA</b> 	<b>HIERRO</b> 	

Figura 28. Materiales reutilizables generados en las demoliciones. Fuente: <http://www.abastecerdemoliciones.com/compra.htm>

## 5.5. Sitios de disposición final en Bogotá D.C. para RCD's en el 2014

Los lugares de disposición final de residuos de demolición y construcción son lugares estratégicamente seleccionados y autorizados para la disposición final, tratamiento y reutilización de estos desechos. En Bogotá se cuenta con seis (6) Sitios de Disposición Final de Escombros y Material de Excavación, Reciclaje y Aprovechamiento, activas a agosto 15 de 2014 según el Instituto de Desarrollo Urbano. Cada uno de estos sitios es especializado en diferentes tipos de materiales, excavación, escombros y aprovechamiento de estos. Los datos suministrados por esta institución son netamente informativos, por lo cual el IDU no garantiza que estos mismos se ajusten a ninguna situación técnica, proyecto o vigencia de permisos, es responsabilidad del usuario estar al tanto de los cambios en condiciones definidas (Instituto de Desarrollo Urbano, 2014).

RCD/ Sitios de Disposición Final	Reciclados Industriales	Agregados El Vínculo	Gravas Filauri S.A.	Cemex de Colombia S.A.	Constructora Especializada	Resiescol S.A. ESP
1. Concreto y ladrillos	X			X		X
2. Cerámica	X			X		X
3. Metales	X					X
4. Madera						
5. Plásticos						
6. Papel y cartón						
8. Excavación		X	X	X	X	X
9. Asfalto	X					
10. Envases con restos de sustancias peligrosas						
PRECIOS [\$/m3]	\$ 16,500	\$ 16,000	\$ 32,000	\$ 14,667	\$ 18,000	\$ 17,500
DISTANCIA [Km]	26.5	19	52	15	33	23.5

**Tabla 21. Sitios de Disposición Final según tipo de Residuos generado.**

Los precios incluidos en el cuadro son tomados con base en cinco (5) cotizaciones realizadas a volqueteros, por lo cual no son una base netamente para el cálculo de presupuesto.

RCDs sin Re-venta		Destino	Cantidad [m3]
1	Material		
2	Tierra y Piedras		
3	Arcillas		
4	Lodos		
5	Asfalto		
6	Papel		
7	Plasticos		
8	Madera		
9	Yeso		
10	Concreto, ladrillos, tejas y ceramicos		
<b>RCDs con Re-venta</b>			
1	Vidrio		
2	Cobre, bronce, laton		
3	Aluminio		
4	Plomo		
5	Zinc		
6	Hierro y Acero		
7	Estaño		
8	Metales mezclados		

**Tabla 22. Destino y cantidad de materiales a reutilizar y para vertedero.**

## **5.6. Sitios de Re-venta de materiales generados en la demolición**

Los sitios de reventa en Bogotá se encuentran sectorizados en dos grandes zonas, al sur de la ciudad sobre la Avenida Boyacá en el sector del Tunal y en el norte sobre la Avenida 7ma con 183. Se caracterizan por ser depósitos de gran magnitud, en los cuales se almacenan todos los materiales removidos de demoliciones de casas hasta de edificios, en su mayoría puede encontrarse elementos como puertas, inodoros, ventanas, cocinas, etc. El costo de los elementos es bastante económico pese a que son materiales de segunda, pero que aun así se encuentran en un estado aceptable para su uso. En la Tabla 3 se puede encontrar información sobre los algunos sitios de re-venta de materiales en la ciudad de Bogotá D.C.,

para obtener un valor positivo en el momento de realizar la demolición, estos sitios se encargan de recoger el material en el sitio de la obra.

<b>Empresa</b>	<b>Dirección</b>	<b>Telefono</b>
Demoliciones el Tornado	Autopista sur # 56 - 60	313-3721130
Abastecer Demoliciones	Calle 185 # 15 - 16	6773060
ANG Demoliciones	Calle 183 # 7 - 71	314-4606991
Deposito de Reciclaje Spolia	Calle 86a # 68 - 03	2523902
MSF Embalajes	Calle 127b # 92b - 01	320-2085301
Chatarrería al Mejor Precio	Calle 76 # 63-82	311-5729979
Alcosto Demoliciones	Carrera 7 # 155 - 27	310-8804498
Chatarrería Ruby	Av. Ciudad de Cali # 33 - 32 SUR	310-6889923
Recicladora Industrial La 40	Calle 12 # 39 - 83	313-2529190
El Caleño Reciclaje y Chatarrería	Carrera 91 # 91 - 33	5357192
Demoliciones Pinzón López	Calle 183 # 7 - 37	6709562
DCM Soluciones Ambiental	Carrera 69bis # 36 - 37 SUR	320-4795878
Chatarrería y Recicladora mi Tolima	Av Calle 80 # 69P - 20	6311251
Solución en Reciclaje	Carrera 87F # 35 - 40 SUR	2657668
Chatarrería El Terminal	Calle 13 # 68d - 15	4117579

**Tabla 23. Sitios para la re-venta de materiales generados en demoliciones.**

Algunos de estos proveedores también se encargan de la disposición de residuos peligrosos generados en cualquier tipo de proyecto. La autorización para la gestión de residuos peligrosos es otorgada por la SDA, algunos de estos son: Ecolcin S.A.S., Elinte S.A., Industrias FIQ, Lito Ltda, Ecocapital S.A. E.S.P., Ecoentorno Ltda, Reciproil Ltda, entre otros.

## **5.7. Calculo de Áreas y Volúmenes**

Realizada la inspección visual y la identificación de materiales, se procederá a calcular las cantidades de los materiales que se van a recuperar y los que se llevaran a vertedero para calcular el beneficio generado por la re-venta de los materiales, en la Tabla 4 se muestra una guía para llevar este inventario. Por medio del siguiente cuadro se hará el inventario preliminar antes de la demolición.



<b>RCDs</b>				
		<b>Tn</b>	<b>D</b>	<b>V</b>
		Toneladas de cada tipo de RCD	Densidad tipo	m3 Volumen Residuos
<b>Evaluación teórica del peso por tipología de RCD</b>				
<b>TIERRAS Y PETREOS DE LA EXCAVACIÓN</b>				
Tierras y petreos procedentes de la excavación estimados directamente de los datos de proyecto (transporte de tierras)				
<b>RCDs</b>				
	Tn/m2	<b>Tn</b>	<b>D</b>	<b>V</b>
		Toneladas de cada tipo de RCD	Densidad tipo (entre 1.5 y 0.5)	m3 Volumen Residuos
<b>Evaluación teórica del peso por tipología de RCD</b>				
<b>Fase de cimentación</b>				
1. Concreto				
2. Cerámica				
3. Metales				
4. Madera				
5. Plásticos				
6. Papel y cartón				
7. Envases con restos de sustancias peligrosas				
<b>TOTAL estimación</b>				
<b>Fase de cerramientos</b>				
1. Concreto				
2. Cerámica				
2. Metales				
4. Madera				
5. Plásticos				
6. Papel y cartón				
7. Envases con restos de sustancias peligrosas				
8. Residuos de la construcción y desconstrucción mezclados				
<b>TOTAL estimación</b>				
<b>Fase acabados</b>				
1. Concreto				
2. Cerámica				
3. Metales				
4. Madera				
5. Plástico				
6. Papel y cartón				
7. Envases con restos de sustancias peligrosas				
8. Residuos de la construcción y desconstrucción mezclados				
<b>TOTAL estimación</b>				

**Tabla 24. Encuesta de RCDs generados en la demolición. Fuente: (Secretaría Distrital de Ambiente, 2010)**

**Residuos Peligrosos**, la gestión de los residuos peligrosos debe hacerse con el debido almacenamiento, etiquetado y envasado. Antes de cumplir 6 meses de almacenados dentro de la obra, debe llamarse al gestor autorizado por la SDA para su recolección, en la Tabla 5 se muestra un formato guía para inventariar los materiales peligrosos generados en la obra. Antes de realizar la entrega el generador tiene las siguientes obligaciones (Secretaría Distrital de Ambiente, 2010):

- No mezclar los residuos peligrosos
- Envasar y etiquetar los recipientes que contengan residuos peligrosos
- Llevar un registro para el control de los residuos peligrosos generados, que será objeto de control y seguimiento por parte de la SDA.
- Suministrar la información necesaria de los residuos al gestor autorizado para su posterior tratamiento o eliminación
- En caso de pérdida, derrame o desaparición de los residuos peligrosos, es necesario informar inmediatamente a la administración de la SDA.

RCD POTENCIALMENTE PELIGROSOS Y OTROS	Tratamiento	Destino	Cantidad
<b>1. Basuras</b>			
Residuos biodegradables			
Mezclas de residuos municipales			
<b>2. Potencialmente peligrosos y otros</b>			
Mezclas de concreto, ladrillos, tejas y materiales ceramicos con sustancias peligrosas			
Mezclas bituminosas que contengan alquitran de hulla			
Alquitran de hulla y productos alquitranados			
Residuos metalicos contaminados con sustancias peligrosas			
Cables que contienen hidrocarburos alquitran de hulla o otras sustancias peligrosas			
Materiales que contienen amianto			
Materiales de construccion a partir de yesos contaminados con SPs			
RCD que contengan mercurio			
RCD que contengan PCB's			
Otros RCD que contienen SPs			
Tierras y piedras que contienen SPs			
Lodos de drenaje que contienen SPs			
Balastro que contenga SPs			
Absorventes contaminados (trapos)			
Aceites usados			
Filtros de aceite			
Tubos fluorecentes			
Pilas alcalinas y salinas			
Pilas de botón			
Envases vacios de metal o plastico contaminado			
Sobrantes de pinturas o barnices			
Sobrantes de disolventes no halogenados			
Sobrantes de desencofrantes			
Aerosoles vacios			
Baterías de plomo			
Hidrocarburos de agua			
RCDs mezclados con peligrosos			
Icopor			

**Tabla 25. Encuesta de RCDs Potencialmente Peligrosos. Fuente: (Secretaría Distrital de Ambiente, 2010)**

En caso de haber árboles dentro del predio de la demolición siendo necesario su retiro, se deberá solicitar a la SDA una visita técnica por parte del área de silvicultura, para definir si es posible el derribo de los árboles o es necesario re-ubicarlos en otra zona.

## **5.8. Declaración Responsable del poseedor de RCD**

En el siguiente apartado se muestra la forma para realizar la declaración obligatoria que deben firmar los generadores de RCD para poder presentar su Plan de Gestión Ambiental. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2010)

### **Declaro:**

- 1. Que soy conocedor y se da cumplimiento a las determinaciones establecidas en la Resolución 01115 de 2012, así como de las normas distritales y nacionales en materia de gestión de residuos. Y demás normas que regulan los residuos de la construcción y demolición.*
- 2. Que el Plan de Gestión de residuos presentado lleva a cabo las obligaciones que le corresponden en relación con el estudio de gestión de residuos de la construcción y demolición, de acuerdo con lo establecido en la resolución 01115.*
- 3. Que dando cumplimiento a la resolución 01115 de 2012, en relación a la gestión de los residuos de construcción y demolición, presentamos el Plan de Gestión de Residuos en la obra, que está aprobado por el director del proyecto y para que sea aceptado por la secretaria de ambiente.*
- 4. Mientras que los residuos estén en mi poder, los mantendré en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte la posterior valorización o eliminación.*
- 5. Como poseedor de los residuos de construcción y demolición, asumo los costos de gestión y entregaré al productor los certificados y demás documentación demostrativa de la gestión de los residuos, así como mantendré la documentación correspondiente de cada año como mínimo, durante los cinco años siguientes. En caso de utilizar los residuos generados en la misma obra, estos cumplirán los requisitos*

*técnicos y legales para el uso que se destinen, y se aprobará y documentará por la dirección de la obra. En el caso particular de que se prevea la reutilización de tierras extraídas de la obra, dará cumplimiento a lo normativo.*

*6. La gestión de residuos de construcción y demolición, se destina, por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado u otras formas de valorización.*

*7. Que el Plan de gestión de residuos de construcción y demolición, da cumplimiento a la Resolución 01115 de 2012, y al Plan de Desarrollo Bogotá Basura Cero - Escombros Cero.*

*PARA TODOS LOS EFECTOS LEGALES, CERTIFICO QUE LOS DATOS POR MI ANOTADOS EN EL PRESENTE MANUAL, SON VERACES, (ARTÍCULO 5o. DE LA LEY 190/95).*

---

*REPRESENTANTE LEGAL*

*NIT.*

---

*NOMBRES Y APELLIDOS (del firmante, legible)*

*C. C.*

---

*Fecha:*

## **5.9. Marco legal**

Dentro del marco legal para la ejecución de obras de demolición, se debe cumplir con la elaboración de un contrato y la solicitud de varios permisos que debe contar cualquier obra a realizarse. A continuación se muestran los procedimientos y permisos legales para poder ejecutar un obra de este tipo:

### **5.9.1. Contratos**

Cualquier proyecto de demolición requiere un contrato entre el Contratante y el contratista, según sea requerido el cliente puede solicitar algún material o elemento de la edificación para su reutilización, lo que generaría un incremento en el costo de la demolición ya que el contratista no contaría con este material para su re-venta.

El siguiente es un ejemplo de un contrato para una demolición:

*CONTRATO DE DEMOLICIÓN Entre \_\_\_\_\_ en adelante el COMITENTE y por la otra representada en este acto por el Sr. \_\_\_\_\_ en su carácter de \_\_\_\_\_ en lo sucesivo llamada la CONTRATISTA, han convenido en celebrar el siguiente contrato de demolición: PRIMERO: La Contratista se compromete a demoler la totalidad de lo edificado dentro del perímetro del inmueble del comitente, sito en calle \_\_\_\_\_ de esta ciudad, dejando el terreno libre de escombros, debiendo quedar los niveles de superficie actuales, es decir sin rebaje alguno. SEGUNDO: La Contratista se obliga a realizar los trabajos de demolición y limpieza del terreno en un período no mayor de \_\_\_\_\_ días hábiles, a partir de la fecha del presente contrato. TERCERO: La Contratista deberá gestionar ante las autoridades pertinentes los permisos necesarios para el retiro de cables de Telefonía , gas, agua, alumbrado público, etc., siendo los gastos, sellados, timbrados o derechos a cargo exclusivo de la Contratista la cual no tendrá derecho a reintegro alguno.-CUARTO: La contratista libera al Comitente de toda responsabilidad, asumiendo en forma directa las obligaciones laborales para con el personal de su dependencia que ocupe para la realización de los trabajos objeto del presente (pago de salarios, cargas sociales, seguros reglamentarios, indemnizaciones por accedentes de trabajo, etc.)QUINTO: La Contratista asume la total responsabilidad de los daños y perjuicios que se causen a terceros y/o propiedades vecinas, como consecuencia de las tareas de demolición contratadas.-SEXTO: En compensación por las tareas contratadas el material resultante de la demolición será exclusiva propiedad de la Contratista, sin cargo alguno. Queda excluido del presente \_\_\_\_\_ que deberá ser entregado/a por la Contratista al Comitente, sin cargo alguno SEPTIMO: El Comitente se obliga en este acto a hacer entrega a la Contratista*

del correspondiente permiso municipal para la realización de los trabajos.-  
OCTAVO: Las partes fijan los siguientes domicilios: a) El Comitente en la dirección \_\_\_\_\_ y b) La Contratista en la dirección \_\_\_\_\_, ambos de esta ciudad de Bogotá, a cuyos tribunales ordinarios se someten las partes en caso de controversia judicial, con renuncia del fuero federal. En prueba de conformidad, se firman dos ejemplares de un mismo tenor y a un solo efecto en la ciudad de Bogotá a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_

Cualquier tipo de contrato deberá tener como básico los siguientes elementos:

- Precio del contrato
- Cantidad y fecha de pagos vinculados con el porcentaje de trabajo realizado
- Una fecha inicial y final de ejecución del proyecto
- Quien es dueño de que materiales de la construcción y los materiales que serán recuperados por el propietario o por el contratista.
- Límites físicos de la obra
- El cumplimiento del marco legal establecido por la Alcaldía Local, Secretaria Distrital de Ambiente y demás entes reguladores.
- Términos para la terminación del contrato.
- Condiciones para la concesión de licencias, pólizas y responsabilidades.
- Responsables del contrato.

### 5.9.2. Permisos

Para la ejecución de una demolición es necesario contar con los siguientes permisos y documentos:

- **Licencia de Construcción con modalidad en Demolición:**

1. *Para las solicitudes de licencia clasificadas bajo las categorías III Medía Alta Complejidad y IV Alta Complejidad de que trata el artículo 18 del presente decreto, copia de la memoria de los cálculos y planos estructurales, de las memorias de diseño de los elementos no estructurales y de estudios geotécnicos y de suelos.*

2. *Una copia en medio impreso del proyecto arquitectónico, elaborado de conformidad con las normas urbanísticas y de edificabilidad vigentes al momento de la solicitud debidamente rotulado y firmado por un arquitecto con matrícula profesional, quien se hará responsable legalmente de los diseños y de la información contenida en ellos. Los planos arquitectónicos deben contener como mínimo la siguiente información:*

a) *Localización;*

b) *Plantas;*

c) *Alzados o cortes de la edificación relacionados con la vía pública o privada a escala formal. Cuando el proyecto esté localizado en suelo inclinado, los cortes deberán indicar la inclinación real del terreno;*

d) *Fachadas;*

e) *Planta de cubiertas;*

f) *Cuadro de áreas.*

3. *Si la solicitud de licencia se presenta ante una autoridad distinta a la que otorgó la licencia original, se adjuntarán las licencias anteriores, o el instrumento que hiciera sus veces junto con sus respectivos planos. Cuando estas no existan, se deberá gestionar el reconocimiento de la existencia de edificaciones regulado por el Título II del presente decreto. Esta disposición no*



*será aplicable tratándose de solicitudes de licencia de construcción en la modalidad de obra nueva.*

*4. Anteproyecto aprobado por el Ministerio de Cultura si se trata de bienes de interés cultural de carácter nacional o por la entidad competente si se trata de bienes de interés cultural de carácter departamental, municipal o distrital cuando el objeto de la licencia sea la intervención de un bien de interés cultural, en los términos que se definen en las Leyes 397 de 1997 y 1185 de 2008 y el Decreto 763 de 2009 o en las normas que las modifiquen, adicionen o complementen.*

*Cuando se trate de intervenciones sobre el patrimonio arqueológico se debe incluir la autorización expedida por la autoridad competente.*

*5. Copia del acta del órgano competente de administración de la propiedad horizontal o del documento que haga sus veces, según lo disponga el respectivo reglamento de propiedad horizontal vigente, autorizando la ejecución de las obras solicitadas. Estas licencias deberán acoger lo establecido en los respectivos reglamentos.*

*Para más información revisar el documento: Manual del Trámite de Solicitud de Licencias de Construcción, emitido por la Alcaldía de Bogotá.*

- Póliza de cumplimiento
- Póliza de Anticipo
- Póliza de seguridad
- Póliza de estabilidad de obras

### **5.9.3. Normatividad**

La normatividad estipulada por la Secretaria de Medio Ambiente y la cual deberán cumplir al pie de la letra, los generados re residuos, trasportadores de residuos y los gestores de los residuos(Sitios de Disposición Final), para

cumplir su propósito de recuperación, mantenimiento y recuperación del suelo, para un buen funcionamiento de los ecosistemas. Además de contribuir con la conservación, recuperación e incremento de la calidad del ambiente en el espacio público minimizando la cantidad de material de escombros reutilizando o reciclando, de acuerdo con plan de manejo ambiental (Instituto de Desarrollo Urbano, 2014), el siguiente es el marco legal que estos tres entes anteriormente nombrados, deben cumplir:

- *Decreto Distrital 112 de 1994 por el cual se fijan lineamientos para el tránsito de vehículos de carga e industriales, en el área urbana del Distrito Capital.*
- *Resolución 541 de 1994 de acuerdo al con el plan de manejo ambiental se definirá en tiempo y espacio la ubicación de materiales para restauración paisajística o para reutilización de residuos para otros usos. Estos últimos podrán ser seleccionados y separados de aquellos no reutilizables y almacenados para ser transportados o reutilizados.*
- *Decreto Nacional 948 de 1995 que reglamenta en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del aire.*
- *Decreto Distrital 357 de 1997 por el cual se regula el manejo, transporte y disposición final de escombros y materiales de construcción.*
- *Ley 769 de 2002 por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre.*
- *Acuerdo 79 de 2003 del Concejo de Bogotá, por el cual se expide el Código de Policía de Bogotá. Artículo 85.*
- *Resolución 556 de 2003 del Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente por la cual se expiden normas para el control de las emisiones en fuentes móviles.*
- *Decreto Distrital 312 de 2006 Por el cual se adopta el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos para Bogotá Distrito Capital.*
- *Ley 1259 de 2008, “Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones”.*
- *Decreto 620 de 2008, que complementa el 312 de 2006 de residuos sólidos.*

- *Acuerdo 417 de 2009 del Concejo de Bogotá, por medio del cual se reglamenta el comparendo ambiental en el Distrito Capital y se dictan otras disposiciones.*

## **5.10. Proceso de desconstrucción**

El proceso de desconstrucción de una edificación se define como el proceso inverso a la construcción, es decir, demoliendo desde su azotea o cubierta hacia el nivel del piso. Inicialmente se realiza el desmonte de todos los elementos con posible reutilización en la estructura, tales como: inodoros, lavamanos, cocinas integrales, ventanas, espejos, utilería, cableado de cobre, etc.

El contratista deberá tener en cuenta el siguiente proceso de desconstrucción:

### **5.10.1. Demolición de inmuebles de dos pisos**

Antes de iniciar cualquier trabajo es necesario realizar el cerramiento de la edificación a demoler, junto con un sendero peatonal en el perímetro de la edificación.

Los siguientes son recomendaciones para el contratista en el momento de realizar la demolición:

- No debe haber trabajadores ocupados en tareas de demolición en diferentes niveles.
- Después del desmantelamiento se procederá a realizar la demolición de arriba hacia abajo.
- Después de tener un volumen considerable de residuos, se procederá a cargar las volquetas preferiblemente dentro del predio. En caso de requerirse, se ubicara el sendero peatonal en la vía vehicular mientras se cargan las volquetas y se hará uso de un paletero para el controlar el flujo peatonal y vehicular. Para este caso será necesario la implementación de un PMT.
- El cargue se realizará durante las interrupciones de los trabajos de demolición para evitar accidentes.
- La demolición se hará en muros y losas de los diferentes pisos, con excepción del primer piso.

### **5.10.2. Demolición de inmuebles de tres pisos o mas**

- Aplican las mismas recomendaciones anteriormente hechas para la demolición en edificaciones de dos pisos.
- Para este tipo de edificaciones se inician los trabajos de abajo hacia arriba, realizando huecos en cada placa para que en los pisos superiores los escombros caigan al primer piso y sea más fácil el cargue de estos.
- Para demolición en alturas será necesario instalar una malla de protección en la fachada de la edificación, para protección de peatones y vehículos.

#### **5.10.2.1. Secuencia para derribo de pisos:**

- Realizar el cerramiento debajo del piso a demoler para que caigan los escombros de este.
- No debilitar las vigas que se encuentran trabajando aun en soporte de cargas.
- No acumular escombros sobre las losas, especialmente en el centro.
- Trabajar preferiblemente sobre las vigas de la estructura, para evitar caídas
- Trabajar del centro hacia afuera de la losa

#### **5.10.2.2. Secuencia derribo de muros:**

- Los muros serán derribados piso por piso de arriba hacia abajo
- En caso de tener muros con probabilidad de derribo, se amarraran en la parte superior y se debilitara su base para posteriormente jalarlo hacia adentro de la edificación.

## 5.11. Anexos:

### 5.11.1. Encuesta de Inspección

<b>Nombre del Proyecto</b>	
<b>Dirección</b>	
<b>Propietario</b>	
<b>Informacion de contacto</b>	
<b>Tipo de edificación</b>	
<b>Edad de la edificación</b>	
<b>Área de la edificación [m2]</b>	
<b>Cronograma de la demolición</b>	
<b>Materiales a reutilizar y/o reciclar</b>	

Tabla 26. Encuesta de Inspección. Fuente: (Bradley Guy Associate Director and University of Florida Center for Construction and Environment, 2003)

## 5.11.2. Herramientas básicas necesarias

Inventario de Herramientas Basicas para Demoliciones	
<b>1. Seguridad</b>	
	- Extintor
	Botiquín de primeros auxilios
	Equipo de protección personal (EPP)
<b>2. Organización y Seguridad</b>	
	Señales de advertencia
	Cinta de señalización
	Bolsas de basura
	Lata de basura
	Recipiente de agua potable
	Agua, para lavado de manos
	Vasos desechables y toallas de papel
	Jabon de manos
	Cuerdas
Lonas	
<b>3. Herramientas manuales</b>	
	Gatos
	Motosierra
	Pistola de clavos y compresor
	Martillos
	Escaleras
	Cinta de medición
	Clavos y tornillos
	Alicates
	Sierras
	Palas
	Barras
	Grizzly bar
	Pinzas de presión
	Tolvas para desperdicios
	Andamio
Martillo neumáticos	
<b>4. Equipos</b>	
	Gruas
	Equipo de oxicorte
	Cargadores y/o minicargadores
	Volquetas
	Torre de iluminación
	Retroexcavadora

Tabla 27. Inventario de herramientas para demoliciones. Fuente: (Bradley Guy Associate Director and University of Florida Center for Construction and Environment, 2003)

### 5.11.3. Formato Registro en la Secretaría Distrital de Ambiente

Ciudad..... de..... de 2014

Señores

#### **CORPORACION AUTONOMA REGIONAL...**

Atn.: ¿

Ciudad.

Ref.: Solicitud de Inscripción en el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos.

Tengo el agrado de dirigirme a ustedes con el fin de solicitar la inscripción en calidad de generador, en el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos de su jurisdicción, a los efectos de dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 28 del Decreto número 4741/05.

#### **DATOS DE LA EMPRESA, ENTIDAD U ORGANIZACION**

NOMBRE COMPLETO O RAZON SOCIAL	NOMBRE COMERCIAL
IDENTIFICACION DE LA EMPRESA, ENTIDAD U ORGANIZACION O DEL PROPIETARIO	REGISTRO DE CAMARA DE COMERCIO
NIT____C.C.____C.E.____NUMERO_____	CAMARA_____NUMERO_____
	MATRICULA_____
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
DIRECCION	TELEFONO FAX
IDENTIFICACION DEL REPRESENTANTE LEGAL O APODERADO	
C.C _____C.E _____NUMERO_____	
NOMBRE DEL REPRESENTANTE E-MAIL: LEGAL O APODERADO	

Por lo anterior, solicito a ustedes me sea asignado el (los) número(s) de registro correspondiente(s) para proceder a diligenciar la información del Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos dentro de los plazos establecidos en el artículo 28 del Decreto 4741 de 2005, para el(los) establecimiento(s) o instalación(es) que se relaciona a continuación:

DATOS DEL ESTABLECIMIENTO O INSTALACION GENERADOR(A) DE RESIDUOS O DESECHOS PELIGROSOS (RESPEL) EN JURISDICCION DE ESTA AUTORIDAD AMBIENTAL (En caso de haber más de un establecimiento o instalación en jurisdicción de esta autoridad ambiental por favor diligenciar este cuadro para cada uno de ellos).

NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO O INSTALACION:

DEPARTAMENTO MUNICIPIO DIRECCION

NOMBRE DE LA PERSONA TELEFONO FAX  
PARA CONTACTAR

DESCRIPCION DETALLADA DE LA ACTIVIDAD ECONOMICA  
PRINCIPAL DEL ESTABLECIMIENTO O INSTALACION:

CODIGO CIIU DE LA ACTIVIDAD PRINCIPAL (si lo conoce):

Me comprometo a actualizar la información suministrada en el Registro de Generadores de Residuos Peligrosos, a más tardar el 31 de marzo de cada año.

Cordialmente,

---

FIRMA

NOMBRE



### 5.11.4. Formulario Único de Inscripción al Programa de Gestión Ambiental

FORMULARIO ÚNICO DE INSCRIPCIÓN AL PROGRAMA GESTIÓN AMBIENTAL AL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN - GASEC			
FECHA:	DD	MM	AA
<b>DATOS GENERALES DE LA CONSTRUCTORA</b>			
Nombre Empresa:			Nit.:
CIIU:			N° Matricula CCB:
Nombre del representante legal:			e-mail:
Nombre del encargado ambiental:			e-mail:
Dirección de correspondencia:			Barrio:
Localidad:			CHIP Predial:
Teléfono / Fax:			
<b>PROYECTOS QUE INCRIBE VOLUNTARIAMENTE AL PROGRAMA</b>			
Nombre del proyecto (s):	Dirección vigente:	% de avance del proyecto:	
<b>MODULO AL QUE DESEA POSTULARSE</b>			
<b>MODULOS PROYECTOS CONSTRUCTIVOS</b>		<b>MODULOS EMPRESAS CONSTRUCTORAS</b>	
ACERCAR CONSTRUCCION	<input type="checkbox"/>		
PRECO	<input type="checkbox"/>	PREAD	<input type="checkbox"/>
<i>Nota: Los módulos que conforman el programa GASEC son independientes, las empresas constructoras podrán aplicar a uno o más de los módulos, ver página 2 (descripción del programa).</i>			
<b>IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD</b>			
	<b>IMPLEMENTADO</b>		<b>EN PROCESO</b>
ISO 14001	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
ISO 9001	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
OHSAS 18001	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
RUC	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Otro <input type="checkbox"/>	Cual? _____		
<b>DEPARTAMENTO DE GESTION AMBIENTAL - DGA</b>			
Posee Departamento de Gestión Ambiental?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	NO APLICA <input type="checkbox"/>
No. Radicado con el que informó a la SDA la confirmación del DGA: _____			
<b>INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA</b>			
¿Cómo se enteró del programa?: Por favor mencione la fuente.			
Referido <input type="checkbox"/>	Página web <input type="checkbox"/>	Prensa <input type="checkbox"/>	Radio <input type="checkbox"/>
Gremios <input type="checkbox"/>	Teléfono <input type="checkbox"/>	e-mail <input type="checkbox"/>	
Otro <input type="checkbox"/> Cuál? _____			
_____ <b>REPRESENTANTE LEGAL</b> <b>C.C.</b>			
Recuerde que para formalizar su inscripción al programa de Gestión Ambiental al Sector de la Construcción - GASEC debe radicar este formulario en las instalaciones de la SDA o en cualquier CADE o SUPERCADe de la ciudad.  Si tiene alguna inquietud, por favor contáctenos al correo electrónico: <a href="mailto:gasec@secretariadeambiente.gov.co">gasec@secretariadeambiente.gov.co</a>			
Av. Caracas N° 54 - 38   PBX: 3778899   FAX: 3778930   <a href="http://www.ambientebogota.gov.co">www.ambientebogota.gov.co</a>   Bogotá, D.C. Colombia			

Tabla 28. Formulario de Inscripción al programa de gestión ambiental. Fuente: (Secretaría Distrital de Ambiente, 2010)

## **6. ANALISIS COSTO/BENEFICIO DE LOS DOS TIPOS DE DEMOLICIÓN**

El análisis de Costo/Beneficio, tiene un objetivo fundamental, que es proporcionar una medida de la rentabilidad de un proyecto, mediante la comparación de los costos previstos con los beneficios en la realización del mismo (Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú, 2010). El análisis de costo/beneficio se realiza desde la perspectiva del contratista, para evaluar el beneficio que se genera a su favor según el tipo de demolición.

El análisis de costo beneficio es un proceso el cual tiene su mayor contribución en la primera etapa de un proyecto, ya que durante esta etapa se preparan los presupuestos del proyecto. Las decisiones presupuestarias se deben llevar a cabo a través de un proceso de selección y evaluación de alternativas, que se puede realizar por medio del análisis costo/beneficio. Cada decisión debe ser tomada con base en una justificación cuantitativa realizada en la etapa presupuestal. (Universidad Nacional Autónoma de México, 2008)

La relación Costo/Beneficio se realiza a los dos tipos de demoliciones en estudio y se hará el análisis en unidades monetarias. Cada tipo de demolición tiene costos y beneficios diferentes, para el caso de la demolición selectiva es necesario tener en cuenta el costo que genera la separación de los residuos y la selección de los materiales que se dispondrán para re-venta ya que generan más tiempo de trabajo implementado en cada actividad, del beneficio se tendrá en cuenta la ganancia monetaria generada por la re-venta de materiales y el ahorro en la disposición final de residuos por la selección realizada. Para la demolición convencional se evaluará el costo adicional generado por la disposición de residuos en los vertederos autorizados sin tener una selección previa, y se tendrá en cuenta en beneficio que genera la reducción de tiempo en cada actividad.

Los datos monetarios asignados en las Tablas 29 y 30 son resultado del estudio realizado en el presente proyecto, dando un resultado favorable de Costo/Beneficio en la Demolición Selectiva, lo que nos demuestra que con este tipo de demolición el beneficio económico será mayor que el beneficio generado en la demolición convencional. Esto se debe en gran parte al beneficio generado con la re-venta de materiales, evidenciándose la importancia de esta actividad antes de iniciar la demolición.

<b>Demolición Selectiva</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Costo \$</b>	<b>Beneficio \$</b>	<b>Costo/Beneficio</b>
Selección de materiles		\$ 3,558,139	
Re-venta materiales		\$ 6,997,440	
Transporte y disposición		\$ 10,957,427	
Tiempo adicional	\$ 5,425,739		
<b>Total</b>	\$ 5,425,739	\$ 21,513,006	0.25

**Tabla 29. Costo/Beneficio Demolición Selectiva**

<b>Demolición Convencional</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Costo \$</b>	<b>Beneficio \$</b>	<b>Costo/Beneficio</b>
Tiempo ahorrado		\$ 5,425,739	
Transporte y disposición	\$ 10,957,427		
No selección de materiales	\$ 3,558,139		
<b>Total</b>	\$ 14,515,565	\$ 5,425,739	2.68

**Tabla 30. Costo/Beneficio Demolición Convencional**

## 6.1. Comparación Económica Demolición Convencional y Selectiva

Los dos tipos de demolición son válidos y legalmente viables en la ciudad de Bogotá, sin importar los altos impactos ambientales que se generen usando uno u otro tipo de demolición. El objetivo de este proyecto es analizar y mostrar que tipo de demolición es más económica y por tiempos o gestión ambiental puede o no realizarse.

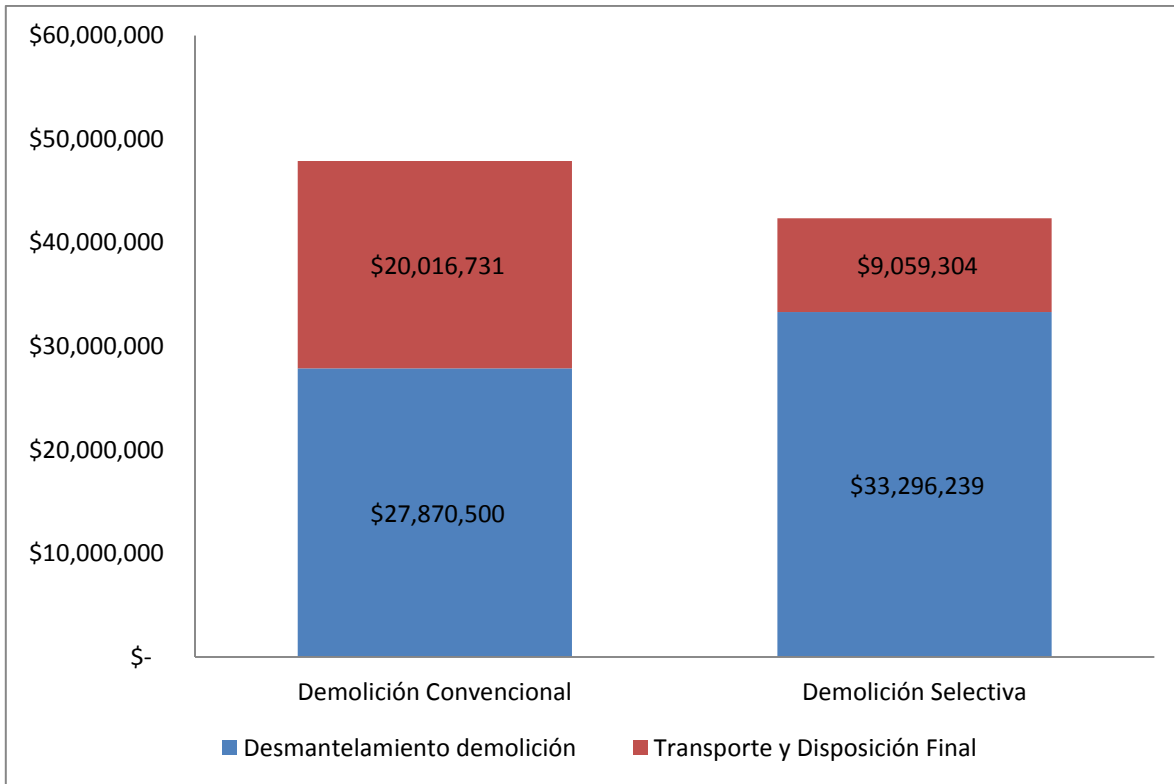
### Costos Directos Demolición Convencional - Demolición Selectiva

Categoría	Demolición Convencional [20 días]		Demolición Selectiva [28 días]	
Instalación campamento de obra	\$	4,491,667	\$	4,491,667
Mano de obra	\$	5,218,033	\$	8,776,172
PPE	\$	1,860,800	\$	2,328,400
Equipo	\$	16,300,000	\$	17,700,000
Transporte y Disposición final	\$	20,016,731	\$	9,059,304
Total	\$	<b>47,887,231</b>	\$	<b>42,355,543</b>

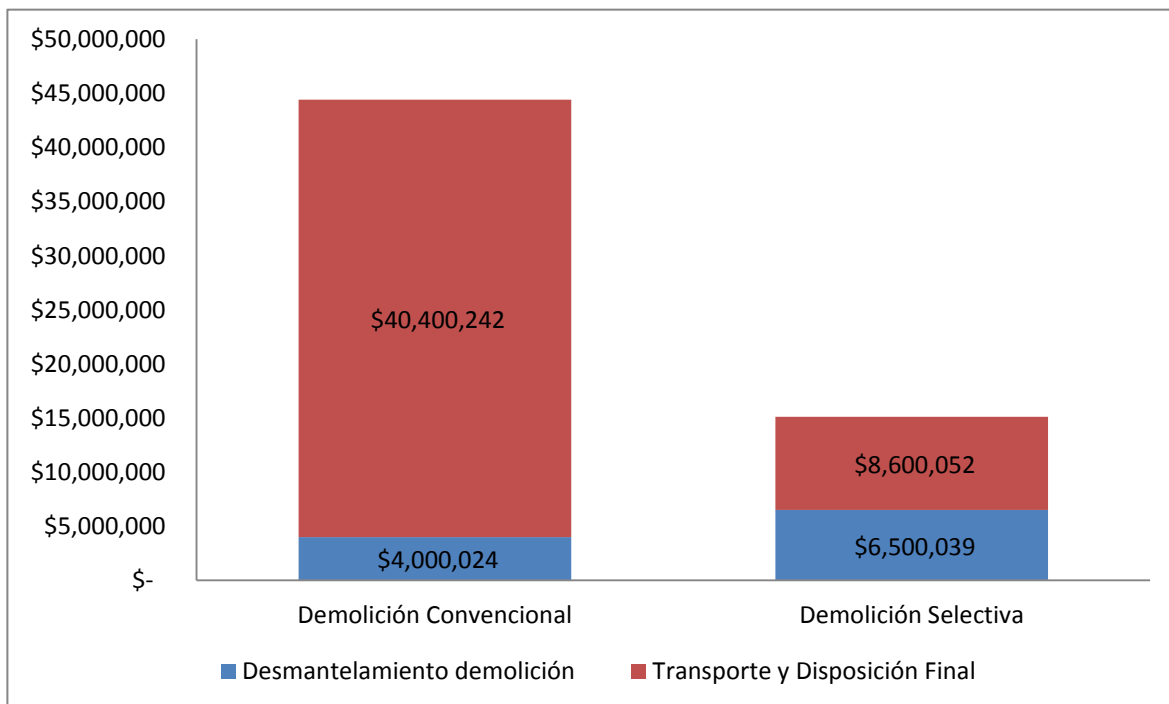
**Tabla 31. Costos globales demolición convencional y selectiva. Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida de las empresas encargadas del proyecto.**

Como se muestra en la Tabla 31 los costos globales de los dos tipos de escenarios tienen una diferencia significativa de 11.6%, generándose el menor costo a la demolición selectiva aun y cuando fue necesario mayor tiempo de trabajo y un costo mayor en la mano de obra.

En las figuras 29 y 30 se muestra la comparación de la demolición convencional y selectiva para el caso de estudio de este proyecto y el estudio realizado por (Shultmann, 2005), dejándonos observar la gran diferencia que se genera en el momento de realizar la disposición de materiales para los dos métodos, en donde el método convencional genera un mayor costo debido a que los costos de disposición de materiales sin seleccionar tienden a ser más costosos y no generan ninguna ganancia económica por medio de su re-venta.



**Figura 29. Comparación Demolición Convencional y Selectiva Edificio José Celestino Andrade**



**Figura 30 .Comparación Demolición Convencional y Selectiva Edificio Escolar, Shultmann (2005)**

En los dos casos el método de demolición más económico es el selectivo, pero se muestra una gran diferencia en la disposición del estudio de Shultmann entre los dos métodos. Esto puede deberse a que en la ciudad en donde se realizó la demolición del edificio escolar, se cobra un porcentaje mayor por materiales no seleccionados en los sitios de disposición final o puede haber un amplio mercado de re-venta de materiales que genera un ingreso muy alto.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del mercado de disposición final de RCD's, se cuenta actualmente con seis(6) sitios escombreras autorizadas por el IDU, la CAR o la alcaldía del municipio al que pertenezca, todos estos cercanos a la obra del caso de estudio.

Los costos asociados al escenario de la demolición convencional equivalen a \$47'887,231 de pesos colombianos, valor compuesto por los costos de instalación de campamento, mano de obra, equipo personal de seguridad, maquinaria y el transporte y disposición de RCD's.

Para el caso del escenario de la demolición selectiva o desconstrucción, este tuvo un costo total calculado de \$42'355.543 de pesos colombianos, equivalentes a la instalación del campamento, mano de obra, equipo personal de seguridad, maquinaria y transporte y disposición de RCD's

Los costos globales de los dos tipos de demolición calculados, tuvieron una diferencia del 11.6%, equivalente a \$5.531.688 pesos colombianos a favor de la demolición selectiva. Una diferencia baja, pero favoreciendo el tipo de demolición que menor impacto ambiental produciría.

Aun cuando la normatividad de Bogotá, impone que el generador de residuos debe realizar la selección de materiales en la obra, son pocas las empresas que realizan dicha labor, sea en el caso de residuos de demolición o con residuos de construcción. El control por parte de las autoridades e interventorías no es suficiente para mantener el control y cumplimiento de la normatividad. Dicha falta de control en algunos casos permite que un contratista en el caso de una demolición se vea beneficiado económicamente, ya que la disposición de materiales será más económica.

Según los datos tomados todas de las empresas transporte y disposición de RCD (siguiendo con la normatividad estipulada por la Secretaría Distrital de Ambiente) se pudo observar que no tienen una gran variación en los costos de acarreos para la disposición en los diferentes sitios autorizados por el IDU. La diferencia de precios se observa en el costo de la disposición en los sitios de aprovechamiento, debido al estado en el cual se entreguen los residuos, seleccionados o mezclados.

Para la venta de la utilería y de residuos con posible reciclaje y/o reutilización, se encontró que hay un amplio mercado al cual es posible vender aproximadamente

un 9.28% del total del volumen extraído en la demolición, un porcentaje pequeño pero significativo para los costos económicos y ambientales que reduce.

Con el pasar del tiempo va a ser necesario aplicar únicamente la técnica de demolición selectiva, para poder reducir los impactos ambientales que se generan desde el inicio de la obra hasta el final, para esto va a ser indispensable que los métodos constructivos vayan cambiando, realizar edificaciones con productos totalmente reciclados o con elementos que permitan el fácil desarme de la estructura para reducir los tiempos de la demolición y poder enfocar más a la parte del aprovechamiento de los residuos .

En el escenario de la demolición convencional, los costos de disposición de RCD y sin la venta de materiales con posible reutilización, generaron que el costo en este escenario se incrementara significativamente en aproximadamente un 64% con respecto al escenario de la demolición convencional.

Los factores que afectan negativamente el costo directo de la demolición selectiva son la mano de obra y el alquiler de la maquinaria, ya que el tiempo requerido para completar la actividad de desmontaje incrementa en aproximadamente 9 días más el total de la obra; pero en la parte del transporte y disposición final esta demolición genera un gran ahorro, debido a la venta del material y del ahorro al transportar el material seleccionado.

En esta edificación el único factor que favorece el uso de demolición convencional, es el ahorro de tiempo permitiendo así un ahorro en el costo de mano de obra y de alquiler de maquinaria.

En el caso de realizar una demolición selectiva es indispensable que en lo posible, los materiales dispuestos a ser vendidos estén en las mejores condiciones posibles para lograr mejores precios, para así poder obtener precios atractivos en el mercado y lograr reducir los costos de la disposición del resto de material que va dirigido a los sitios de aprovechamiento, obteniendo una relación costo/ventas cercanas a cero.

Los costos obtenidos por cada tipo de demolición son acordes a la edificación analizada, ya que es posible encontrar edificaciones donde la venta de materiales sea insignificante con respecto al costo de la demolición. Esta diferencia está totalmente relacionada con las cantidades, tipo y estado de material que componen la edificación a demoler, además de la ubicación en donde estará la edificación, ya que para las demoliciones en Bogotá se cuenta con 6 sitios de disposición cercanos, mientras en otras ciudades se reduce a uno.



## 8. BIBLIOGRAFIA

Abecol Demoliciones. (2013). *Abecol Demoliciones*. Recuperado el 14 de 09 de 2014, de <http://www.demolicionesabecol.com/equipos-para-demolicion/>

Aeded, A. (2012). *Demolición manual*. Recuperado el 15 de Enero de 2013, de <http://www.aeded.org/>

AEDT. (2013). *Interempresas.net*. Recuperado el 01 de 11 de 2013, de Asociación Española de Demolición Técnica, Corte y Perforación: <http://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/63296-Demolicion-tecnica-corte-y-perforacion-con-diamante.html>

AETAC. (2013). *Asociación Española de Técnicas del Agua a presión en Construcción*. Recuperado el 01 de 11 de 2013, de <http://www.aetac.org/informacion/aplicaciones/hidrodemolicion>

ANTOHIE, E. (2013). THE DETERMINATION OF THE COSTS ASSOCIATED WITH CONSTRUCTIONS' DEMOLITION AND THEIR PLACE IN THE GLOBAL COST IN CONSTRUCTIONS. "*Gheorghe Asachi*" *Technical University of Iași*.

Anumba, A. A. (2002). Decision model for the selection of demolition techniques. *Advances in Building Technology, Volume 2*.

Bradley Guy Associate Director and University of Florida Center for Construction and Environment. (2003). *A GUIDE TO DECONSTRUCTION*. Gainesville, FL.

Camacol. (2013). *Informe Económico, hacia la consolidación del sector edificador en Colombia. Avances del año 2013 y desafíos para el 2014*. Bogotá D.C.

Camacol, C. (2009). *Las tendencias del sector de la construcción 2009-2010* (Primera ed.). Medellín: Camacol.

- Camacol, C. D. (2008). *El sector de la construcción en Colombia: hechos estilizados y principales determinantes del nivel de actividad* (Primera ed.). Bogotá: Camacol.
- CIMAS Innovación y Medio Ambiente. (2009). *Rentabilidad Ambiental y económica demostrada en procesos de demolición selectiva*. Bilbao, España.
- Coelho, A., & de Brito, J. (2011). Economic analysis of conventional versus selective demolition—A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 382 - 392.
- Coelho, A., & de Brito, J. (2011). Influence of construction and demolition waste management on the environmental. *Waste Management*.
- Coelho, A., & de Brito, J. (2013). Conventional demolition versus deconstruction techniques in managing construction and demolition waste (CDW). En A. v. Engineering, *Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste* (págs. 141-185). WOODHEAD PUBLISHING.
- Construcciones Triguero. (2012). *Construcciones Triguero*. Recuperado el 01 de 11 de 2013, de <http://construccionstriguero.com/demoliciones/>
- Construdata. (Marzo - Mayo de 2013). Informe Especial Mano de Obra. *Construdata*(166), 37 - 49.
- Cordesa, D. (2012). *Servicios*. Recuperado el 15 de Enero de 2013, de <http://www.demolicionescordesa.es/>
- Crump, J. (2012). Demolition. *International Encyclopedia of Housing and Home*, 325–329.
- Dantata, N., Touran, A., & Wang, J. (2005). An analysis of cost and duration for deconstruction and demolition of residential buildings in Massachusetts. *Resouces Conservation & Recycling* 44, 1 -15.

- Demoliciones Hernan Meza. (2013). *Hernan Meza Demoliciones*. Recuperado el 21 de 11 de 2013, de <http://www.demolicionesmeza.cl/>
- Detecsa. (2013). *Detecsa*. Recuperado el 01 de 11 de 2013, de <http://www.detecsa.es/demolicion.asp>
- Duarte, A. L., Galeano, P. A., & Morales, D. R. (2008). Recuperación paisajística y revegetalización en Agregados El Vínculo Ltda. *Ingenio Libre*, 75-78.
- El Tiempo. (2013). *El Tiempo*. Recuperado el 10 de 09 de 2014, de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13324496>
- Excavamos J.P. S.A.S. (2013). *Excavamos J.P.* Recuperado el 15 de 09 de 2014, de <http://www.excavamosjp.com.co/empresa.html>
- Francisco Ternerero Demoliciones. (2013). *Wordpress*. Recuperado el 01 de 11 de 2013, de <http://franciscoternerero.wordpress.com/2012/04/16/demolicion-mecanica/>
- Garcia Botero, I. L. (Mayo de 2003). Sostenibilidad de la Disposición de Escombros de Construcción y Demolición en Bogotá. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- Garcia, A. (2009). *Proyecto de Demolición de Edificaciones en: Actuación "Parque Central de Ingenieros" en Valencia*. Valencia, España.
- GEORA Aplicaciones Técnicas. (2013). *GEORA Aplicaciones Técnicas*. Recuperado el 01 de 11 de 2013, de <http://www.geora.es/aplicaciones-reparacion-y-refuerzo-del-hormigon.php>
- González, J., Diaz, M., & R., R. (2012). Código de ejecución segura y sostenible de demolición y desmantelamiento. *En Materiales de construcción*, 62(305), 115-129.
- Groot, P. d. (1998). Selecting a representative training set for the classification of demolition waste using remote NIR sensing.

- Guy , B., & McLendon , S. (2000). *Building deconstruction: reuse and recycling of building materials*. Florida: Center for Construction and Environment, University of Florida.
- Instituto de Desarrollo Urbano. (2008). *Manual de Demoliciones para la Adecuación de la Calle 26 (Avenida Jorge Eliecer Gaitán) al Sistema Transmilenio en Bogotá D.C.* Bogotá D.C.
- Instituto de Desarrollo Urbano. (2014). *DIRECTORIO DE PROVEEDORES Y SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL ACTIVOS A AGOSTO 15 DE 2013, Bogotá*. Obtenido de [http://www.idu.gov.co/web/guest/entidad\\_amb\\_info](http://www.idu.gov.co/web/guest/entidad_amb_info)
- Instituto de Desarrollo Urbano. (2014). *DIRECTORIO DE PROVEEDORES Y SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL ACTIVOS A AGOSTO 15 DE 2014, Bogotá*. Obtenido de [http://www.idu.gov.co/web/guest/entidad\\_amb\\_info](http://www.idu.gov.co/web/guest/entidad_amb_info)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú. (2010). Recuperado el 10 de 09 de 2014, de <http://www.dgplades.salud.gob.mx/descargas/dhg/ACB.pdf>
- Lourenço, C. (2007). *Optimization of demolition systems - selective demolition. Civil Engineering Master Thesis*. Instituto Superior Superior Técnico.
- Mercante, I. T. (2007). Caracterización de residuos de la construcción. Aplicación de los índices de generación a la gestión ambiental. *Revista Científica de Primavera UCES*, 24.
- Moreno, R. (2009). *Estudio Impacto Ambiental Demolición Qunta Belen*. Caracas.
- Municipio de San Juan de Pasto. (2011). *Adecuación del Plan de Manejo del Tránsito Cierre de la Calle 16*. Pasto.
- Perez, J. I. (1996). Estudio del potencial de reciclaje de desechos de materiales de. 135. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

- Reyes, L. (2012). MARCO NORMATIVO GENERAL INTERNACIONAL Y LOCAL PARA LA GESTION DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION, DEMOLICION Y ESCOMBROS. Bogotá, Colombia. Recuperado el 09 de 2014, de Alcaldia Mayor de Bogotá.
- Roussat, N. (2008). Choosing a sustainable demolition waste management strategy using multicriteria decision analysis.
- Sánchez, M. Á. (18 de 10 de 2010). *Interempresas.net*. Recuperado el 01 de 11 de 2013, de <http://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/44208-Demolicion-por-voladura-controlada.html>
- Schultmann, F., Garbe, E., Seemann, A., & Rentz, O. (2001). METHODOLOGIES AND GUIDELINES FOR DECONSTRUCTION IN GERMANY AND FRANCE. Karlsruhe, Germany.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2010). *GUIA AMBIENTAL PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN - RCD EN LA OBRA*. Recuperado el 20 de 08 de 2014, de <http://www.ambientebogota.gov.co/web/sda/gestion-ambiental-constructoras>
- Secretaria Distrital de Ambiente, SDA. (2010). *GUÍA DE MANEJO AMBIENTAL PARA EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN*. Bogotá, Colombia.
- Shultmann, F. (2005). *Deconstruction and material reuse—an international overview. Report 2—deconstruction in Germany*. Germany: CIB Publication 300.
- Sousa , R., Sousa , H., & Faria , J. (2004). *Demolition of works and construction sustainability. Some case studies*. Engineering Faculty of Porto University.
- Universidad Nacional Autonoma de Mexico. (2008). Recuperado el 15 de 09 de 2014, de <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/3/1182/17.pdf>

Varón, L., Sierra, D., & Bedoya, L. (2011). Indural: un aporte significativo a la producción más limpia y la construcción sostenible. *En Producción + limpia*, 6(1), 17-25.