



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**ESTUDIO Y FORMULACIÓN DE UNA  
PROPUESTA PARA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA  
CORPORACIÓN COPRESAP  
SANTO DOMINGO SAVIO EN LA COMUNA 1 DE  
MEDELLÍN.**

Autor

César Antonio Sánchez Osorio

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento (Escuela, etc.)

Ciudad, Colombia

Año



Estudio y formulación de una propuesta para distribución de planta  
Corporación copresap  
Santo domingo savio en la comuna 1 de medellín.

César Antonio Sánchez Osorio

Informe de práctica social  
como requisito para optar al título de:  
Ingeniero Industrial.

Asesores (a)

Maria elena bedoya g.  
Ingeniera Industrial  
Especialista en Gerencia de Marketing

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial  
Medellin, Colombia  
2020.



## Contenido

Resumen.....	6
Introducción .....	7
1.1.    Objetivo general.....	9
1.2.    Objetivos específicos.....	9
2.    Planteamiento del problema .....	10
2.1.    Antecedentes del Problema.....	10
2.2.    Formulación del problema.....	11
3.    Marco teórico .....	12
3.1.    Breve historia de la Corporación .....	12
3.2.    Conceptos teóricos .....	14
<b>3.2.1.    Manejo de residuos sólidos .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2.2.    Distribución en planta .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2.3.    Tipo de distribución en plantas industriales .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.3.1    Distribución de posición fija:.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.3.2    Distribución por grupos autónomos de trabajo: .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.3.3    Distribución basada en el producto:.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.3.4    Distribución basada en el proceso .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2.3.5    5S`s metodología del mejoramiento continuo. ....</b>	<b>16</b>
<b>3.2.4.    Lineamientos para la construcción de Estaciones de clasificación y             aprovechamiento de residuos sólidos – ECA.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.5.    Alcance .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.    Extintores portátiles .....</b>	<b>19</b>
4.1.    Fase I. Diagnóstico .....	21
4.2.    Fase II. Desarrollo de la solución .....	30
4.3.    Fase III. Entrega de la propuesta .....	32
4.4.    Fase IV. Conclusiones y cierre del proyecto .....	32
5.1.    Diseño de la propuesta de distribución en planta resultados y análisis.....	33
5.1.1    Ecuación para el dimensionamiento de las celdas .....	33
5.1.2    Estimación de la Densidad de Apilamiento .....	34
5.1.3    Clasificación de categorías de material por código de colores.....	35

5.1.4	Cálculos obtenidos para las dimensiones de las celdas .....	36
5.1.5	Estimación del volumen y el área destinada para cada celda .....	37
5.2	Aporte a la empresa .....	39
5.2.1	Modelo de distribución en planta propuesto.....	39
5.3	Cifras y datos .....	44
5.4	Recomendaciones .....	48
6.	Conclusiones.....	50
	Referencias Bibliográficas.....	52
	Anexos .....	54
	Evaluación de la capacitación en 5s .....	54
	Presentación de la capacitación en 5S .....	54
	Presupuesto para el montaje de la distribución en planta propuesta.....	56

#### Lista de Tablas

Tabla 1	Proyección de generación de residuos sólidos por comuna de Medellín .....	14
Tabla 2	Kilogramos de materiales recuperados 2019-2020 .....	29
Tabla 3	Datos del material- Estimación de la densidad de apilamiento .....	35
Tabla 4	Clasificación de categorías .....	35
Tabla 5	Estimación analítica de las dimensiones de las celdas.....	37
Tabla 6	Volumen y área de celda estimada por material y categoría .....	38
Tabla 7	Dimensiones y capacidad de las celdas.....	44
Tabla 8	Resumen de mejoras logradas en la distribución con el modelo propuesto.....	47

## Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Logotipo Copresap.....	12
Ilustración 2 Evidencia de material fotográfico durante las visitas de supervisión .....	22
Ilustración 3 Diagrama de Flujo del proceso .....	26
Ilustración 4 Planos de la estructura primer nivel .....	27
Ilustración 5 Ilustración 4 Planos de la estructura Sótano .....	27
Ilustración 6 Evidencia de socialización y capacitación del proyecto.....	30
Ilustración 7 Plano de distribución propuesto sótano .....	40
Ilustración 8 Vista en perspectiva sótano .....	41
Ilustración 9 Plano de distribución propuesto Primer nivel .....	42
Ilustración 10 Vista en perspectiva primer nivel .....	43
Ilustración 11 Comparación en términos de masa.....	45
Ilustración 12 comparación en términos de volumen.....	46

## **Resumen**

El trabajo presentado sobre el estudio y formulación de una distribución en planta para el ECA de la Corporación Copresap se llevó a cabo usando la herramienta por excelencia de las ciencias el método científico. Se procedió con la observación cuidadosa del entorno y de la operación al interior de la empresa, se recabaron datos primarios in situ requeridos para el análisis de los múltiples factores asociados a una distribución en planta referenciados más adelante en este documento. Posteriormente, se desarrolló un modelo matemático que permitió ajustar el espacio disponible actualmente en el edificio donde se realiza la operación del ECA, todo en términos de áreas, masas y volúmenes del material recuperado. En términos de masa el modelo de distribución en planta propuesto puede almacenar una cantidad total estimada de 25.373 Kg frente a un promedio actual de 19466 Kg lo que representa un incremento del 30% con respecto a la capacidad en masa hoy en día. Así mismo, en términos de volumen se puede ver que el modelo se ajusta ligeramente por encima de la capacidad en metros cúbicos de almacenamiento actuales, obteniendo una ganancia de espacio estimada en un 18%.

Se presentó el modelo formulado en un formato tridimensional y se obtuvieron los respectivos planos de las dos plantas del edificio para facilitar una posterior implementación de la distribución en planta propuesta en este trabajo.

## Introducción

En la actualidad la gestión de residuos sólidos en las grandes capitales del mundo es una política pública de obligatorio cumplimiento y Colombia no es ajena a la necesidad de gestionar tales residuos. Según el Departamento Nacional de Planeación DNP “Actualmente, en Colombia se generan aproximadamente 11,6 millones de toneladas de residuos sólidos al año. De estos, cerca de 40% podrían aprovecharse, pero según la Misión de Crecimiento Verde del DNP, solamente se recicla alrededor de 17%. S.A.S., E. (2020).

Ante esta oportunidad surgió La Corporación Copresap ubicada en la dirección CRA. 32a #102b-53, Medellín, Antioquia entidad sin ánimo de lucro que reúne entre sus asociados a más de 60 recuperadores de residuos sólidos de la comuna 1 del barrio Santo Domingo Savio en el municipio de Medellín. La Corporación dispone de una edificación de dos plantas con un área estimada de 150 metros cuadrados en donde se realizan las actividades de acopio de los residuos manejados. Dado que el edificio originalmente era una discoteca, su infraestructura no está acondicionada para el almacenamiento de los materiales recuperados. Esa situación ha derivado en la subutilización del espacio, en la difícil acomodación del material, en difíciles condiciones de circulación por obstrucción de pasillos, en el permanente riesgo de derrumbes de pilas de reciclaje con el consecuente riesgo de lesiones personales para quienes allí laboran y más aún con precarias condiciones laborales.

Por lo anterior, el alcance de este proyecto está enfocado en la formulación de una *propuesta de distribución en planta* adecuada para las actividades de la Corporación Copresap que permita mitigar o eliminar las dificultades evidenciadas. Para tal fin, se hizo una inspección meticulosa del lugar y se hizo un registro fotográfico, se entrevistó a los administradores de la entidad, se llevaron a cabo reuniones con la mayoría de los recuperadores para hablar de sus problemáticas aplicando la técnica de “Lluvia de ideas”,



se recolectó información cuantitativa de las cantidades de material recuperado los últimos 6 meses y posterior mente se analizaron los datos relevantes a la formulación de la distribución en planta, la cual tuvo en cuenta todos los factores asociados al proceso según Richard Muther (1970), (material, maquinaria, hombre, movimiento, espera, servicio, edificio y cambio). También se llevó a cabo una capacitación al personal administrativo en la metodología 5S para que, ante una eventual materialización de la propuesta de distribución en planta les resulta más fácil el mantenimiento de las condiciones óptimas del proceso de acopio de los materiales recuperados.

Es importante aclarar que los planos propuestos se basaron en la medición aproximada de las dimensiones y de la forma actual de la estructura del edificio donde funciona la corporación y dado que, en su momento, no fue posible ingresar a todos los espacios internos de la estructura el plano presentado es una representación de la forma y dimensiones reales del edificio.

No obstante, el modelo de distribución de planta propuesto está sólidamente fundamentado en un análisis cualitativo y cuantitativo de datos primarios recabados *in situ*, así como en otro ECA ubicado en el municipio de Itagüí donde se tuvo la posibilidad de ingresar para hacer los estudios respectivos.

Finalmente, mediante el desarrollo del presente proyecto, en el ámbito profesional se logró aplicar el conocimiento adquirido de la Ingeniería Industrial, utilizando técnicas, destrezas y herramientas para la obtención de información necesaria para entender el impacto de las soluciones desde la ingeniería en un contexto global económico, ambiental y social. Desde el ámbito personal, se fortaleció la interacción a través del trabajo en equipo, la cooperación y la comprensión de diversas situaciones del día a día que inciden directa e indirectamente en la toma de decisiones empresariales, especialmente cuando es de suma importancia adaptarse a los cambios constantes del mercado.

## Objetivos

### 1.1. Objetivo general

Presentar una propuesta de distribución en planta que se ajuste a los lineamientos de la construcción de Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento de residuos sólidos ECA, DNP, E. (2020) teniendo en cuenta las necesidades y restricciones actuales de la entidad Corporación COPRESAP.

### 1.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico del área logística que permita analizar los factores relevantes a la distribución en planta.
- Capacitar en área administrativa en la metodología de mejoramiento continuo 5'S.
- Presentar una nueva distribución de planta haciendo uso del programa de diseño computacional Sketchup.
- Presentar un diseño de la bodega basado en el flujo del proceso.
- Realizar la justificación de la reforma del ECA, que permita una mejor utilización de espacios y disminución de riesgos.
- Definir actividades y tareas que conforman los diferentes procesos de la operación en el Taller de Mantenimiento y las diferentes relaciones entre ellas.
- Validar y corregir con las personas que lideran los procesos la propuesta de mejoramiento, incluyendo las propuestas de mejora.
- Realizar un entrenamiento y formación que permita sensibilizar a las personas sobre los beneficios que se obtendrán al realizar las actividades diarias interiorizadas.
- Realizar propuestas de mejora y recomendaciones necesarias que se presenten durante el desarrollo de la práctica.

## 2. Planteamiento del problema <sup>1</sup>

### 2.1. Antecedentes del Problema

A raíz de la necesidad de muchas personas en situación de pobreza, de buscarse un sustento diario y de la oportunidad manifiesta de hacerlo mediante labores de recolección de residuos sólidos aprovechables dejados en las calles por la comunidad, es que surge la Corporación COPRESAP (Corporación de Prestación de Servicios Ambientales y de Aprovechamiento) Barrio Santo Domingo Savio en la comuna 1 de Medellín a través de la líder comunitaria quien desde hace 20 años aproximadamente se desempeña en las labores de recuperación y reciclaje de residuos sólidos aprovechables, actualmente junto con al menos 60 familias más constituyen parte activa de la corporación en mención. Cabe anotar que mayoría de los miembros activos de la Corporación COPRESAP son mayores de 60 años.

Actualmente, la edificación donde se tiene el ECA DNP, E. (2020), (estación de clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos) del material recuperado está ubicado a dos cuadras de la estación del metro-cable de Santo Domingo, tiene un área estimada en cerca de 150 metros cuadrados, distribuidos en dos niveles.

En la entrevista con la líder de la corporación presentaron la necesidad de mejorar la distribución en planta para optimizar el almacenamiento del material reciclable recuperado por los asociados, ya que se reciben frecuentemente altos volúmenes de materiales que son apilados por doquier al interior del edificio aleatoriamente al no disponer de sitios demarcados para almacenamiento específico de cada tipo de material recibido. La situación se puede mejorar de manera sustancial al realizar la implementación de un estudio de distribución en planta que permita mejorar el sistema de recepción de material, aumentar el volumen aprovechable de almacenamiento, las

---

<sup>1</sup> ECA: Estación de Clasificación y Aprovechamiento de residuos solidos

condiciones laborales de los interesados entre otros aspectos descritos más adelante, para de esa manera contribuir a maximizar la utilidad neta por metro cúbico disponible dentro del ECA.

## 2.2. Formulación del problema

La Corporación COPRESAP actualmente opera con serias dificultades, primordialmente de orden logístico relacionadas con la inadecuada utilización del espacio disponible dentro de sus instalaciones. La situación se atribuye al hecho de que dichas instalaciones originalmente correspondían a una discoteca y al momento del cambio de razón social no se contaron con estudios ni se hicieron las adaptaciones necesarias al espacio de trabajo acorde con los lineamientos requeridos para una distribución en planta de una estación de clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos (ECA).

### 3. Marco teórico



*Ilustración 1. Logotipo Copresap*

*Fuente: Corporación Copresap*

#### 3.1. Breve historia de la Corporación

Después de cumplirse 20 años de existencia del proceso social, cooperativo y comunitario denominado Pre-coambiental, que constituye uno de los referentes de trabajo social y ambiental más representativo de la Comuna 1 de la ciudad de Medellín a través de los recicladores de oficio y los líderes que conforman dicha organización, deciden crear una Entidad Sin Ánimo de Lucro de carácter corporación, que permita redireccionar y fortalecer su gestión en el territorio, debido a la compleja coyuntura que enfrenta la figura de Trabajo Asociado frente a la normatividad vigente para este tipo de entidades, lo que entró en detrimento de esta organización Cooperativa.

A pesar de las dificultades y las situaciones complejas por las que atravesó la Cooperativa durante estas dos décadas, los sueños y las ganas de transformar las condiciones del territorio continúan intactas en su base social; amparadas las mismas

en la filosofía de la economía solidaria, la asociatividad y el trabajo ambiental y comunitario.

Los aprendizajes que dejan los proyectos ejecutados, las crisis, las bonanzas y la capacidad instalada en el territorio, generaron replanteamientos para los asociados la necesidad de migrar de figura jurídica, mas no de ceder los principios que siempre han orientado su quehacer; lo que permite afianzar mucho más el propósito fundacional de la entidad, en defensa de los derechos amparados de los recicladores de oficio en Colombia, que actualmente , a diferencia de hace 20 años, cuentan con el respaldo jurisprudencial y normativo por parte del Estado colombiano.

La Corporación emprende este nuevo rumbo, reconociendo en su proceso histórico y en sus raíces la mejor fuente de aprendizaje; pero con el propósito de mejorar su capacidad de gestión, liderazgo y defensa del gremio reciclador en Medellín y en Colombia.

A continuación, se presenta la misión y visión suministrada por la entidad

### **Visión**

En el año 2027 la corporación COPRESAP habrá logrado avanzar en la gradualidad de empresa prestadora de servicio público de aseo y mejorar las condiciones de vida y de trabajo de los recicladores.

### **Misión**

Comprometer a la comunidad y recicladores de oficio por medio de procesos de educación, sensibilización y otras actividades relacionadas con la separación en la fuente y entrega de residuos sólidos para avanzar en la política de prestadores de servicio público de aseo aprovechables

### 3.2. Conceptos teóricos

Potencial aprovechable	Generación reciclables ton/día				Generación orgánicos ton/día			
	Comuna	2015	2019	2023	2027	2015	2019	2023
1 Popular	9,1	9,35	9,59	9,85	29,0	29,80	50,84	52,20
2 Santa Cruz	8,3	8,54	8,81	9,09	27,1	25,53	26,33	27,15
3 Manrique	11,6	11,93	12,27	12,62	35,7	36,72	37,77	38,86
4 Aranjuez	12,6	12,78	12,95	13,13	36,7	37,22	37,73	38,24
5 Castilla	12,2	12,38	12,62	12,86	34,4	35,02	35,69	36,37
6 Doce de Octubre	14,6	14,83	15,08	15,33	43,4	44,15	44,90	45,66
7 Robledo	13,6	14,13	14,76	15,41	45,8	41,98	43,83	45,77

*Fuente: Actualización Plan de Gestión de Residuos Sólidos municipio de Medellín 2015*

En la tabla 1, se lee que para la comuna 1 Popular, se espera para 2019 un total de 9,1 Toneladas con tendencia creciente hasta 2023 y 2027 con 9,35 y 9,59 Toneladas respectivamente.

Teniendo esto en cuenta se tiene un panorama de grandes oportunidades en materia de aprovechamiento de esos miles de kilogramos de materiales. Con una adecuada gestión del ECA de la Corporación COPRESAP se podría llegar a incrementar la tasa de recuperación, incluso, se podría gestionar la llegada de nuevos asociados en calidad de recuperadores.

#### **3.2.2. Distribución en planta**

Según Ríos Ortiz, E. (2013) "Distribución en planta: es el proceso sistemáticamente planeado que de manera holística y teniendo como base el método heurístico de la

ingeniería toma decisiones sobre la mejor ubicación y ordenación de todos y de cada uno de los elementos que componen la empresa, considerando para ello todos los factores que la pudiesen afectar”. (p.20)

### **3.2.3. Tipo de distribución en plantas industriales**

Básicamente existen cuatro tipos de distribución en planta, los cuales se describen a continuación:

#### **3.2.3.1 Distribución de posición fija:**

“La distribución de producto fijo o estático, como también se la denomina, se usa cuando el producto es demasiado grande o engorrosos para moverlo por las distintas fases del proceso. En este caso, más que mover el producto de unas estaciones de trabajo a otras, lo que se hace es adaptar el proceso al producto” ((De la Fuente García y Fernández Quesada, 2005).

#### **3.2.3.2 Distribución por grupos autónomos de trabajo:**

“Se usa cuando los volúmenes de producción para cada producto particular no son suficientes como para justificar una distribución de producto, mientras que, si se agrupan de forma lógica ciertos productos en familias, la distribución de producto puede ser para cada familia. De esta manera, cada grupo homogéneo de producto se destinará a un grupo o subdivisión del trabajo, que funcionará de forma autónoma de los demás y completará, total o de forma mayoritaria el proceso” (De la Fuente García y Fernández Quesada, 2005).

#### **3.2.3.3 Distribución basada en el producto:**

“Se utiliza en procesos de producción en los cuales la maquinaria y los servicios auxiliares se disponen unos a continuación de otros de forma que los materiales fluyen directamente desde una estación de trabajo hasta la siguiente, de acuerdo con la secuencia de proceso del producto” (De la Fuente García y Fernández Quesada, 2005).



#### **3.2.3.4 Distribución basada en el proceso**

“En este tipo de producción la maquinaria y los equipos se agrupan según sus características funcionales. Esta distribución se emplea principalmente cuando existe un bajo volumen de producción de numerosos productos desiguales, así como cuando ocurren frecuentes cambios en la composición o el volumen a producir, o cuando ni la distribución de grupo o la de producto son factibles” (De la Fuente García y Fernández Quesada, 2005).

#### **3.2.3.5 5S` s metodología del mejoramiento continuo.**

Todas las industrias de servicios o producción pueden implementar Lean Manufacturing para reducir y eliminar los residuos de una manera que sea simple, factible, confiable, rentable y sinérgica con otros programas. Lean Manufacturing define los residuos como cualquier cosa que agrega un costo al producto, sin agregar el valor que el cliente pagaría. Por lo tanto, las prácticas lean ayudan a mejorar el flujo de producto o información durante el proceso, acortan los plazos de entrega, respaldan la mejora continua y, como filosofía completa, ayudan a reducir los defectos de los productos o la información. También se usa para obtener grandes beneficios al usar menos capital humano, espacio, capital monetario y tiempo, lo que libera recursos para aumentar la capacidad disponible. (Agrahari, Dangle, & Chandratre, 2017)

En la práctica, las 5S consta de cinco pasos que comienzan con "s". Las tres primeras fases - organización, orden y limpieza - son operativas. La cuarta fase - control visual - ayuda a mantener el estado alcanzado en las fases anteriores - Organización, Orden y Limpieza - mediante la estandarización de las prácticas. La quinta y última fase - disciplina y hábito permite adquirir el hábito de su práctica y mejora continua en el trabajo diario. (J. C. G. López, 2013).

A continuación, se describen cada una de ellas:

- *SEIRI (organización)* (J. C. G. López, 2013)

En japonés Seiri, significa limpiar todos los desechos y artículos que no agregan valor fuera del lugar de trabajo. La idea más importante de género es eliminar todos los desechos para que se puedan ver los problemas reales. (Tuomo et al., 2014)

- *SEITO (orden)* (J. C. G. López, 2013)

Seito en japonés, se trata de hacer el lugar de trabajo más visual. Esto se puede hacer eliminando obstáculos en nuestra vista o creando formas más simples de pasar la información. Después de que todo está claramente marcado y todas las herramientas tienen sus propios puntos, se vuelve menos atractivo dejar simplemente esas herramientas o equipos por ahí. La mente humana funciona de tal manera que le resulta más fácil dejar una bolsa de objetos en un vertedero que en un garaje bien organizado. (Tuomo et al., 2014)

- *SEISO (limpieza)* (J. C. G. López, 2013)

La limpieza regular purificará el aire y reducirá la cantidad de días de licencia por enfermedad. Un aire más limpio también hará que las máquinas trabajen más tiempo. Es necesario hacer que los empleados comprendan que los beneficios de la limpieza también llegarán eventualmente a ellos. Un ambiente de trabajo más limpio también aumentará la motivación de los empleados. Cuanta más gente esté involucrada, mayores serán las posibilidades de éxito en la limpieza continua. Esta es la razón por la cual cada empleado debe hacerse responsable de su entorno de trabajo inmediato. (Tuomo et al., 2014)

- *SEIKETSU (estandarización)* (J. C. G. López, 2013)

El cuarto paso del método 5S incluye múltiples estándares creados por los gerentes. Los estándares pueden ser sobre limpieza, herramientas, equipos o cualquier cosa que sea esencial en el área de implementación. Los estándares ocupan un lugar central en la auditoría, las listas de auditoría se basan en estándares y se actualizan cuando los estándares se actualizan debido a la mejora continua.

- *SHITSUKE (integración)* (J. C. G. López, 2013)

El último paso del método 5S es Shitsuke. Como su nombre indica, se trata de mantener el 5S en la superficie y en la mente de todos los empleados. El mantenimiento del método 5S en el lugar de trabajo es responsabilidad de los gerentes. Para mantener, los gerentes deben facilitar la comunicación, la implementación sin esfuerzo de nuevas ideas, la educación y la mejora continuas. Este paso, así como el cuarto paso, consisten en involucrar a los gerentes en el trabajo diario. Los gerentes deben saber qué y a quién dirigen, dado que una de las partes más valiosas del 5S es un empleado motivado, es responsabilidad de los gerentes crear el tipo correcto de atmósfera, habilitar el trabajo en el taller y motivar a los empleados, Saber que su personal crea una sensación de cuidado, la atención conduce a la confianza y el respeto, lo que por sí solo motivará a las personas a hacer un mejor trabajo. (Tuomo et al., 2014).

#### **3.2.4. Lineamientos para la construcción de Estaciones de clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos – ECA**

Los lineamientos para la construcción de estación de clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos – ECA, tiene por objeto servir como aporte del ente territorial para con los recicladores de oficio, contribuyendo a los procesos de formación y organización de la actividad de aprovechamiento como también de la gestión integral de los residuos sólidos municipales. Adicionalmente, sirve como herramienta para que la población ejerza la prestación del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento en un espacio

digno y conforme con la normativa vigente, accediendo de esta forma, al cobro vía tarifa de la actividad que desempeñan. DNP, E. (2020).

### **3.2.5. Alcance**

Infraestructura para la estación de clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos que incluye: área de recepción, administración, pesaje, clasificación y selección, almacenamiento, rechazo y cargue. • Incluye dotación de equipos y maquinarias para la clasificación, pesaje y aprovechamiento de los residuos sólidos domésticos. DNP, E. (2020).

### **3.3. Extintores portátiles**

Según Norma NFPA 10. Los extintores portátiles son aparatos de accionamiento manual que permiten proyectar y dirigir un agente extintor sobre un fuego. Se diferencian unos de otros en atención de una serie de características como agente extintor contenido, sistemas de funcionamiento, eficacia, tiempo de descarga y alcance.

Se trata de extintores de tipo A específico para incendios de materiales sólidos combustibles tales como papel, plásticos, cauchos, madera, etc.

El modo de ubicarse dentro de un edificio se debe hacer en atención a las siguientes recomendaciones:

- Proveen una distribución uniforme.
- Proveen fácil acceso.
- Estén libres de bloqueo por almacenamiento y equipos, o por ambos.
- Estén cerca de los caminos normales de recorrido.
- Estén cerca de las puertas de entrada y salida.
- Estén libres de un potencial daño físico, y
- Sean rápidamente visibles.

Los extintores que no excedan las 40 lb de capacidad deben instalarse a una altura máxima de 1.53 m, medida desde el nivel del suelo hasta el extremo superior del extintor. En todos los casos la distancia mínima entre el nivel del suelo y la base del extintor debe ser de 1.02 m.

## **4. Metodología**

La metodología utilizada para el logro de los objetivos propuestos consistió en una serie de pasos agrupados en fases, ya que se pretende analizar y describir ampliamente el tema de estudio, con la recopilación de información y datos relevantes, que permitan la construcción de la posible solución.

A continuación, se describen los pasos a seguir:

### **4.1. Fase I. Diagnóstico**

#### **4.1.1. Reunión de apertura del proyecto e identificación de necesidades.**

Se realizaron varias reuniones con los líderes y colaboradores de la Corporación Copresap precisamente para socializar la intención de colaboración de la práctica académica de la facultad de Ingeniería de la universidad de Antioquia. Así mismo, este podría apoyarles en el estudio y formulación de solución a alguna problemática susceptible de ser desarrollada desde la Ingeniería Industrial. Ante lo cual, se acordó por consenso que se trabajaría en un modelo de distribución en planta para atender múltiples necesidades, derivadas de no contar en el momento con el espacio adecuado para una distribución del espacio dentro de la empresa. Por lo tanto, se programaron las visitas necesarias a la bodega para la recolección de la información primaria pertinente.

#### **4.1.2. Observación e identificación del área de trabajo.**

Durante las posteriores visitas a la bodega se recolectó el material fotográfico (ver Ilustración 2), videos, notas obtenidas en entrevistas informales a algunos de los colaboradores y líderes de la empresa, con el fin de tener una descripción de la operación de recuperación que allí se lleva a cabo. A continuación, se describe la situación actual encontrada durante las visitas:



*Ilustración 2 Evidencia de material fotográfico durante las visitas de supervisión*

*Fuente: Elaboración propia*

### **4.1.3. Recolección y obtención de información**

En este punto se presenta un análisis de la situación actual de la corporación en cuanto a la distribución en planta basados en los factores propuestos por el autor Richard Muther.

#### **4.1.3.1. Factor Material.**

Se realizan desplazamientos extensos con materiales pesados, voluminosos, en condiciones peligrosas para los recuperadores.

Se encuentra que los materiales saturan el espacio disponible del edificio invadiendo las áreas que reglamentaria y necesariamente deberían estar libres.

El tiempo de permanencia del material recuperado en la bodega es superior a un mes por lo que no se logra alcanzar una frecuencia de despachos acorde con la tasa de volumen de ocupación de cada material y de la tasa de captación.

#### **4.1.3.2. Factor Maquinaria.**

El desplazamiento del material hacia el área de recepción y hacia las áreas de almacenamiento se hace de manera manual sin ayuda de elementos tales como carretillas.

#### **4.1.3.3. Factor Recurso Humano.**

Las condiciones actuales del proceso no ofrecen suficientes garantías de seguridad y salud en el trabajo para sus colaboradores. Muchos de los riesgos identificados se podrán mitigar o eliminar siempre y cuando se consiga implantar una distribución en planta acorde con las necesidades de la empresa y de las partes interesadas que, de hecho, es el propósito de este trabajo dejar las bases para conseguir ese fin a futuro.

Entre los riesgos identificados se tienen los siguientes:

- Riesgo de sufrir cortadas y laceraciones debido a la invasión de los pasillos con materiales cortopunzantes.
- Riesgo de sufrir contusiones o golpes en el cuerpo debido a la repentina caída de objetos o materiales precariamente apilados.



- Riesgo eléctrico que puede generar incendios o electrocuciones a los colaboradores debido a la existencia de cables sueltos y colgantes al interior de las instalaciones.
- Riesgo de inundación debido a la obstrucción de los sifones de desagüe.
- Riesgo de afecciones respiratorias debido a que el área de recepción esta confinada en un sótano con mala circulación de aire y propenso a la acumulación de gases.
- Riesgo de invasión de plagas debido a la inadecuada gestión de los espacios de almacenamiento.
- Riesgos musculo esqueléticos debido a la complicada situación de movilidad que impide el uso de carretillas lo que deriva en tener que cargar pesos inapropiados con los brazos y sobre los hombros o la espalda, sin mencionar la cantidad de maromas que hay que hacer para cruzar esa larga rampa hacia el sótano propiciando más riesgos a la integridad física de los colaboradores.
- En el siguiente enlace se puede ver un video que refleja parte de lo mencionado en este apartado. [https://www.youtube.com/watch?v=jAla\\_Drt6TE&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=jAla_Drt6TE&feature=youtu.be)

#### **4.1.3.4. Factor Movimiento.**

Se observó serias dificultades para moverse al interior de la empresa esto debido a lo expuesto en el factor material que, debido a la invasión de las áreas de circulación hace que sea un peligroso desafío acceder a la zona de recepción del material recuperado.

#### **4.1.3.5. Factor Espera:**

Dado que la vía de ingreso es la misma de salida es común que se presenten embotellamiento y demoras. Además, al estar casi bloqueada el área de recepción suelen presentarse demoras en la compra de los materiales.

#### **4.1.3.6. Factor Servicio:**

Adicionalmente a lo expuesto se observa que no se tiene la facilidad de acceso al servicio sanitario, ni a un área de lavado y desinfección de manos, no hay un área visible para lavado de utensilios de limpieza y aseo, el acceso a la cocina está bloqueado y no está

en condiciones aptas para operar. Hay falta de una fuente de agua cercana y accesible para saciar la sed de los recuperadores, se usa el baño como almacén de insumos, no se dispone de un botiquín de primeros auxilios a la vista, no se evidenció un esquema de protección contra el fuego, la iluminación es deficiente en el sótano y no se aprovecha la luz del día, la ventilación es mínima así que no se da la libre circulación del aire, finalmente, como ya se ha dicho la dificultad más evidente es la ubicación de la recepción del material en el sótano de la edificación.

#### **4.1.3.7. Factor edificio:**

En cuanto a este factor se debe observar que originalmente era un edificio que funcionaba como estadero-bar, por tanto, tiene deficiencias críticas en infraestructura respecto de los requerimientos básicos de lo que se requiere para una bodega de reciclaje. Por ejemplo, es de baja altura menos de 3 metros en el sótano y menos de 3,6 metros en el primer nivel. La iluminación es deficiente, así mismo la ventilación, está en precarias condiciones estéticas, y el escaso mantenimiento de las instalaciones hace propenso el edificio a la proliferación de agentes biológicos, la emanación y acumulación de malos olores finalmente, Como ya se mencionó, tiene deficiencias en cuanto a la red eléctrica. Tiene columnas para pensar en una futura construcción de otro nivel para incrementar el área de almacenamiento.

#### **4.1.3.8. Factor cambio:**

Debido a las cuestiones ya expuestas, se puede inferir que en este aspecto de la capacidad que tiene la empresa de adaptar sus espacios a otras distribuciones es limitado en la actualidad, en cuanto a las posibilidades de expansión podrían construir en vertical, pero no sería lo más acertado para el tipo de operación que se desarrolla. Lo que, sí se puede hacer en el corto plazo, es adaptarse a una distribución de planta que no implique la construcción de más infraestructura y que maximice el aprovechamiento de los recursos y los espacios que ya se tienen.

#### 4.1.3.9. Diagrama de flujo del proceso de recuperación

A continuación, se presenta el diagrama de flujo donde se expone el paso a paso del proceso de recuperación de residuos sólidos llevado a cabo dentro de la Corporación COPRESAP.:

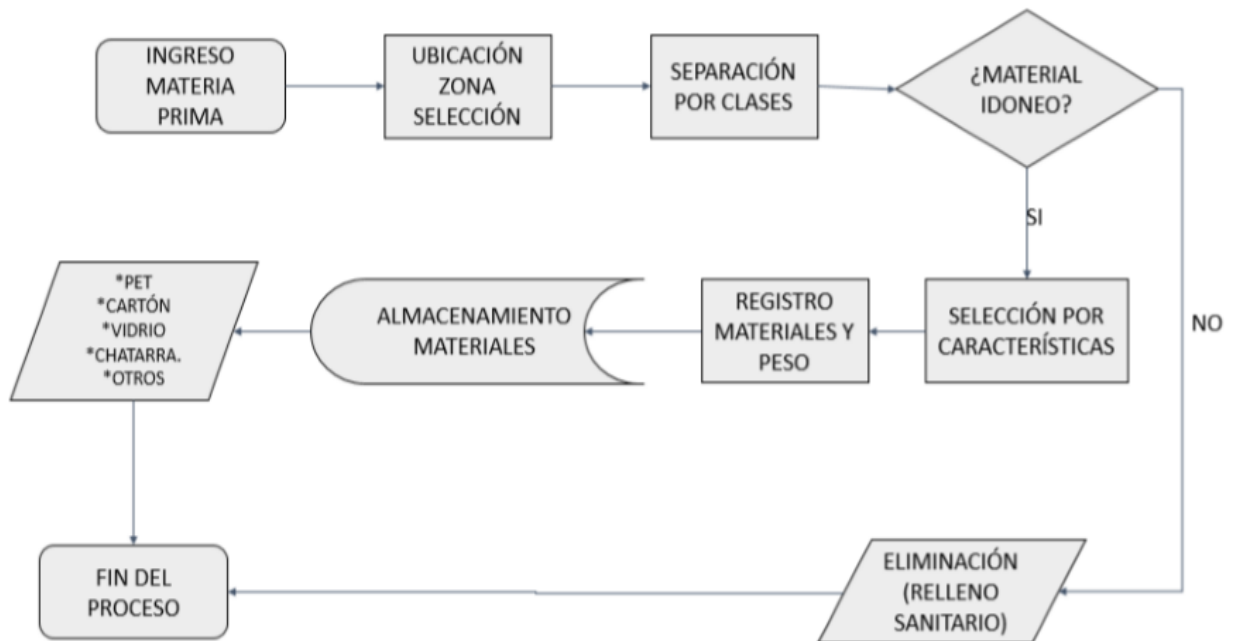


Ilustración 3. Diagrama de Flujo del proceso

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.1.5 Análisis parciales de la información

##### 4.1.5.1 Planos de la estructura.

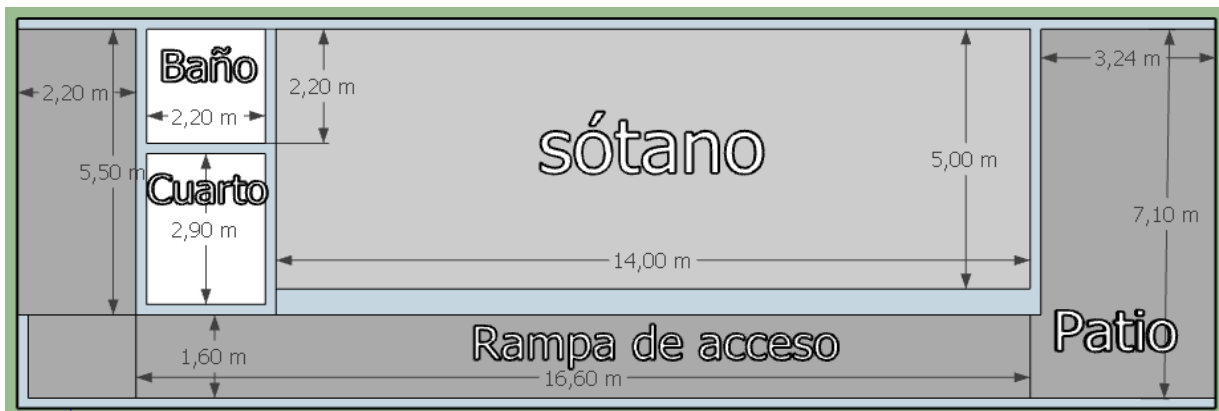
Debido a que en su momento no fue posible inspeccionar y medir cada rincón del edificio, pues como se aprecia en las fotografías anteriores la saturación del espacio lo

impedía, las medidas tomadas para el dibujo de los planos se asumen aproximadas, aun así, son adecuadas para esbozarlos.



*Ilustración 4 Planos de la estructura primer nivel*

*Fuente: Elaboración propia*



*Ilustración 5 Ilustración 4 Planos de la estructura Sótano*

*Fuente: Elaboración propia*

Se puede inferir de las ilustraciones 4 y 5 que la estructura cuenta con un área total estimada en  $264m^2$  (metros cuadrados), pero ciertamente no toda el área está disponible para usarse como bodega, pues se requieren algunas áreas libres como los pasillos, los baños, la cocina, el área para recepción y despacho. Adicionalmente, el área para selección

de materiales, así como la de almacenamiento de insumos y varios. Por este motivo, se estima que el área útil destinada al almacenamiento de materiales inicialmente sería de  $120m^2$ . Así mismo, se calcula que el volumen de almacenamiento máximo sería de  $383m^3$  (metros cúbicos). Estos datos se usaron como referente en el diseño de la propuesta final.

#### **4.1.5.2 Consolidado de materiales recuperados en el periodo agosto 2019 – febrero 2020**

A continuación, en la tabla 2, se presenta la información con las cantidades en kilogramos de material recuperado en el periodo indicado con el respectivo promedio mensual.

En la tabla se observa que los materiales que representan las tasas más altas de recuperación mensual en la corporación COPRESAP son en su orden de mayor captación:

- Cartón corrugado
- Chatarra
- Vidrio transparente
- Archivo seleccionado
- Pet Transparente
- Pasta

Estos materiales representan el 82% de todo lo que en promedio se es recuperado mensualmente. Este dato es de importancia capital al momento de la asignación de espacios en la nueva distribución de planta puesto que habrá que darles más prioridad a estos materiales que a los demás.

*Tabla 2 Kilogramos de materiales recuperados 2019-2020*

	Material	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Promedio
1	Cartón Corrugado	7600	8155	7860	6628	9976	9165	8219,3	8231
2	Chatarra	3210	2827	2854	2647,7	2815	3894	2626,4	3041
3	Vidrio Transparente	2157	1856	1968	1930	2714	2864	1836	2248
4	Archivo Seleccionado	865	866,9	1226	3328	2188,7	2691	1189	1861
5	Pet Transparente	1694	1538	1375	1337	1739	1787,8	1451,2	1578
6	Pasta	1458	1403	1398	1228,6	1707,4	1491,5	1065,6	1448
7	Vidrio Café	789	714,7	792,7	581,8	1062	905,9	269,6	808
8	Plegadiza	491	437	687,6	704,6	1184,8	899,6	703,6	734
9	Plástico	596	632	694	513	826,5	759,7	745,3	670
10	Periódico Plano	528	446,8	798	540,6	568,7	564	504,6	574
11	Pasta Gruesa	520	505	560	366	609,6	581	461,6	524
12	Aluminio	231	250	192	158	230,9	271	191,9	222
13	Pet Aceite	101	130	166,6	142	225	205,7	157,4	162
14	Vidrio Verde	73	46,5	49,8	48	62,3	218,7	57,2	83
15	Tetrapack	96	103,7	115	65,8	81,4	13,9	127,4	79
16	Pet Café	0	0	0	66,7	149	116,7	135,8	55
17	Pet Verde	34,9	35	48	42	39	63	57,5	44
18	Cobre Rojo	48	35,7	39,4	28	40	40,3	63	39
19	Aluminio Sucio	27	52,8	39	24,4	21,6	36	18	33
20	Cobre Amarillo	16,8	20,9	22	11,8	35,5	27,9	20,2	22
21	Antimonio	22	1,1	4	2,2	3	0,4	2,5	5
22	Acero	0,9	0	0	6,3	9,7	0,4	10	3
23	Hierro Gris	0	7,2	0	0	0	7,2	14,7	2

*Fuente: Información y Datos suministrados por la Corporación COPRESAP*

#### **4.1.6 Análisis de posibles escenarios**

Se puede pensar en desarrollar una propuesta que no implique la construcción de nueva infraestructura como ya se ha dicho, en vez de ello, usar la asignación de celdas apropiadas para el apilamiento de los materiales de modo que se cumplan los objetivos de una distribución en planta los cuales son básicamente maximizar las utilidades y reducir los costos sin comprometer la integridad de las instalaciones y el bienestar de los recuperadores. Para tal efecto se deberá resolver la manera de calcular el tamaño de la celda apropiado para cada uno de los materiales de modo

que no sea ni muy amplio ni muy pequeño y que a su vez tenga la capacidad de contener un volumen de material suficiente como para hacer una carga mínima de transporte. También se deben considerar las frecuencias de recolección de cada material. Se hace necesario considerar también otros factores en la distribución de los materiales como lo son el peso, el volumen, la unidad de empaque, la tasa de recuperación, la accesibilidad a las distintas áreas del edificio, la economía de movimientos, la frecuencia de despacho, entre otras.

#### 4.2 **Fase II. Desarrollo de la solución**

En el proceso del desarrollo de la solución se hizo necesario tener en cuenta al personal administrativo y a los recuperadores (ver Ilustración 6) para poder entender sus necesidades y así gestionar la mayor cantidad posible de ellas dentro del modelo de distribución. A continuación, se presentan las necesidades que surgieron durante las dos sesiones de socialización del proyecto que se realizaron.



## Ilustración 6 Evidencia de socialización y capacitación del proyecto

*Fuente: Elaboración propia*

- Aumentar la frecuencia de recolección del material hacia el centro de acopio
- Reubicar el punto de compra en el primer nivel del edificio
- Estudiar los factores de riesgo e implementar mecanismos de prevención
- Despejar las vías de circulación hacia y dentro de la bodega
- Mejorar la acomodación y distribución del material
- Integrar más colaboradores de planta
- Mantener suficiente dotación de costales y tulas
- Gestionar la mejora del precio de compra del material
- Gestionar la obtención de más y mejores incentivos para no sentir que están regalando su trabajo
- Solicitar estudios para el diseño de un vehículo tipo carretilla que les permita transportar de manera más cómoda, segura y en mayor cantidad el material recuperado
- Separación adecuada del material antes de la entrega en el punto de compra
- Construcción de una ramada en la terraza del edificio suficientemente asegurada para ubicar el material PET
- Solicitar estudios para el diseño de una compactadora manual que les permita disminuir el volumen de los materiales recuperados PET, y latas de gaseosas.
- Instalación de cámaras de seguridad para la prevención de hurtos.

### **4.2.5 Capacitación del personal.**

Anticipando la importancia del mantenimiento en el tiempo de la operación de la empresa, dentro de los parámetros establecidos en la propuesta de distribución en



planta entregada, se llevó a cabo una capacitación a los líderes de la corporación en la metodología de mejoramiento continuo conocida como Las 5 S. Tal capacitación se desarrolló el día 17 de mayo de 2020 entre la 1 y las 3 de la tarde.

En el anexo 2 se encuentra la copia del correo que certifica por parte de los interesados la ejecución de dicha capacitación.

#### **4.2.6 Diseño de la propuesta de distribución en planta.**

### **4.3 Fase III. Entrega de la propuesta**

#### **Socialización de la Propuesta**

- Presentación de la propuesta a los líderes del ECA
- Realizar las modificaciones y ajustes necesarios.
- Entregar la propuesta que cumple con el alcance y objetivos del proyecto.
- Sugerir metodología de implementación de la propuesta
- Recomendar posibles propuestas de mejora para implementar posteriormente.

### **4.4 Fase IV. Conclusiones y cierre del proyecto**

#### **4.4.5 Presentación final y cierre del proyecto con los líderes y colaboradores de la corporación.**

## 5. Resultados y Análisis

### 5.1 Diseño de la propuesta de distribución en planta resultados y análisis

Correspondiente a la Fase II del proyecto. Como se planteó en el punto 5.1.5. Análisis de posibles escenarios, se hizo necesario desarrollar un modelo matemático que permitiera la concreción de tal fin. A continuación, se explican las variables y constantes consideradas en la obtención de una ecuación para el dimensionamiento de las celdas.

#### 5.1.1 Ecuación para el dimensionamiento de las celdas

Dado que una variable importante a considerar en el proyecto es el Volumen del material recuperado, se planteó la posibilidad de calcular una Densidad que se denominó para este trabajo como Densidad de Apilamiento. La densidad está definida como la relación entre la masa sobre el volumen así que, asignando alturas fijas máximas dadas por la altura de la estructura del edificio en cada nivel y asignando profundidades fijas determinadas en función del ancho mínimo necesario para circular se logró definir una fórmula que permitiera estimar la tercera dimensión de las celdas según el material que corresponda.

La ecuación es la siguiente:  $Lado = \frac{Cmin}{h.a.Da}$

$Lado = \frac{Cmin}{7,74Da}$  para el lado de la celda en primer nivel donde Cmin es la carga mínima obtenida de la tabla del consolidado de recuperación de materiales, cuyo valor es el promedio obtenido de kilogramos recuperados mensualmente. Da es la densidad de apilamiento estimada y 7,74 es una constante que resulta de la multiplicación de dos dimensiones del primer nivel a saber (h) altura=3,6m (a) profundidad=2,15m

$Lado = \frac{Cmin}{5,51Da}$  para el lado de la celda en el sótano donde Cmin es la carga mínima obtenida de la tabla del consolidado de recuperación de materiales, cuyo valor es el promedio

obtenido de kilogramos recuperados mensualmente. Da es la densidad de apilamiento estimada y 5,51 es una constante que resulta de la multiplicación de dos dimensiones del primer nivel a saber (h) altura=2,9m (a) profundidad=1,9m

### **5.1.2 Estimación de la Densidad de Apilamiento**

En la tabla 3 se muestran los cálculos desarrollados para estimar la densidad de apilamiento de los materiales relacionados. Para el efecto se visitó un ECA en el municipio de Itagüí donde se permitió tomar las medidas de las celdas que poseen para estimar los volúmenes que poseen, así como los kilogramos de cada material contenido en las mismas.

Para la estimación de los datos de volumen se asumió la forma de los costales y las tulas como cilindros geométricos y las celdas como cajas perfectas.

Las mediciones fueron tomadas directamente sobre las celdas con una cinta métrica rígida, las masas fueron estimadas con base en el registro reportado de kilogramos en las remisiones de despacho, las circunferencias de los costales y las tulas se tomaron con una cinta métrica de tela, y las masas de las unidades de empaque se tomaron con una báscula digital. Las unidades anotadas están dadas en kilogramos (Kg) y metros (m) con sus respectivas potencias cuadrados y cúbicos.

**Tabla 3 Datos del material- Estimación de la densidad de apilamiento**

Estimación de la densidad de apilamiento en Kg/m3 de los materiales recuperados								
MATERIAL	Alto	Largo	Ancho	Circunferencia	Radio	Peso estimado en Kg	Volumen m3	Densidad de apilamiento (Da)
Archivo Seleccionado	3	2,5	1,3			2000	9,75	205,1
Cartón Corrugado	0,83	0,3	0,54			9,3	0,1	69,2
Tetrapack	1,45			3,7	0,5889	40	1,5796	25,3
Periódico Plano							9,75	205,1
Plegadiza							9,75	205,1
Pasta	0,5			1,1	0,1751	12,3	0,0481	255,5
Pasta Gruesa	0,95			4	0,6366	50	1,2096	41,3
Pet Transparente	1,45			3,7	0,5889	40	1,5796	25,3
Pet Verde	1,45			3,7	0,5889	40	1,5796	25,3
Pet Café	1,45			3,7	0,5889	40	1,5796	25,3
Pet Aceite	1,45			3,7	0,5889	40	1,5796	25,3
Plástico	0,7			1,3	0,2069	2,3	0,0941	24,4
Acero	0,65			1,2	0,1910	10,4	0,0745	139,6
Aluminio	0,65			1,2	0,1910	10,4	0,0745	139,6
Aluminio Sucio	0,37	0,25	0,57		-	40	0,052725	758,7
Antimonio	1,4	1,9	1,9		-	600	5,054	118,7
Chatarra	1,8	2,7	3,5		-	3500	17,01	205,8
Cobre Amarillo	1,8	2,7	3,5		-	3500	17,01	205,8
Cobre Rojo	1,8	2,7	3,5		-	3500	17,01	205,8
Hierro Gris	1,8	2,7	3,5		-	3500	17,01	205,8
Radiografía					-			
Vidrio Café	0,65			1,35	0,2149	20	0,0943	212,2
Vidrio Transparente	0,65			1,35	0,2149	20	0,0943	212,2
Vidrio Verde	0,65			1,35	0,2149	20	0,0943	212,2
Costal de latas aluminio	0,7			1,3	0,2069	2,5	0,0941	26,6

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3 Clasificación de categorías de material por código de colores

La tabla 4 a continuación tienen unos colores especificados según el código internacional de colores para residuos sólidos.

**Tabla 4 Clasificación de categorías**

Clasificación de categorías
-----------------------------

1	Papel
2	Plástico
3	Metal
4	Vidrio

*Fuente: Elaboración propia*

#### 5.1.4 Cálculos obtenidos para las dimensiones de las celdas

El valor de la altura puede variar según el material que se vaya a apilar. En nuestro caso los metales no se deben apilar a una altura mayor de 1,8m por lo cual se le asigna este valor en la ecuación para estimar las dimensiones de las celdas que contendrán los metales. De igual manera en el caso del vidrio la altura de seguridad asignada fue de 3m.

En la tabla 5 se muestran los valores obtenidos para las dimensiones estimadas de las celdas para cada uno de los materiales relacionados.

Tabla 5 Estimación analítica de las dimensiones de las celdas

Estimacion analítica de dimensiones				
Categoría	MATERIAL	Dimensiones de Celda		
		Alto	Ancho	Largo
1	Archivo Seleccionado	3,6	2,15	1,1
1	Cartón Corrugado	3,6	2,15	15,4
1	Tetrapack	3,6	2,15	0,4
1	Periódico Plano	3,6	2,15	0,4
1	Plegadiza	3,6	2,15	0,5
3	Acero	1,8	2,15	0,0
3	Aluminio	1,8	2,15	0,4
3	Aluminio Sucio	1,8	2,15	0,1
3	Antimonio	1,8	2,15	0,0
3	Chatarra	1,8	2,15	3,7
3	Cobre Amarillo	1,8	2,15	0,0
3	Cobre Rojo	1,8	2,15	0,1
3	Hierro Gris	1,8	2,15	0,0
4	Vidrio Café	3,0	2,15	0,5
4	Vidrio Transparente	3,0	2,15	1,6
4	Vidrio Verde	3,0	2,15	0,1
2	Pasta	2,9	2	5,8
2	Pasta Gruesa	2,9	2	2,1
2	Pet Transparente	2,9	2	10,6
2	Pet Verde	2,9	2	0,5
2	Pet Café	2,9	2	0,5
2	Pet Aceite	2,9	2	1,1
2	Plástico	2,9	2	4,8

Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.5 Estimación del volumen y el área destinada para cada celda

Con base en los datos de la tabla anterior y aplicando las fórmulas de volumen y área conocidas se consiguió determinar no solo las dimensiones de las celdas sino también su volumen y su área teóricas para el diseño del modelo. En la tabla 6 siguiente se observan

dichos resultados. Cabe anotar que el total del volumen y del área necesaria para el almacenamiento de los materiales es ligeramente inferior a los estimados lo que constituye un indicador positivo de que es posible hacer un modelo de distribución con capacidad suficiente para el manejo de los materiales según sus tasas medias de captación mensual.

*Tabla 6 Volumen y área de celda estimada por material y categoría*

Volumen y área calculada				
Categoría	MATERIAL	Estimados		Total A por categoría
		volumen E	Area E	
1	Archivo Seleccionado	8,6	2,4	38,1
1	Cartón Corrugado	118,9	33,0	
1	Tetrapack	3,4	0,9	
1	Periódico Plano	2,8	0,8	
1	Plegadiza	3,6	1,0	
3	Acero	0,0	0,0	9,4
3	Aluminio	1,6	0,9	
3	Aluminio Sucio	0,3	0,1	
3	Antimonio	0,0	0,0	
3	Chatarra	14,5	8,1	
3	Cobre Amarillo	0,2	0,1	
3	Cobre Rojo	0,3	0,2	
3	Hierro Gris	0,0	0,0	
4	Vidrio Café	3,4	1,1	4,7
4	Vidrio Transparente	10,3	3,4	
4	Vidrio Verde	0,4	0,1	
2	Pasta	33,7	11,6	50,9
2	Pasta Gruesa	12,5	4,3	
2	Pet Transparente	61,6	21,2	
2	Pet Verde	2,9	1,0	
2	Pet Café	2,6	0,9	
2	Pet Aceite	6,4	2,2	
2	Plástico	27,9	9,6	
		315,8	103,1	

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 6 aparecen resaltados en gris aquellos valores que en términos de áreas son iguales o inferiores a un metro cuadrado lo cual tendrá que ser considerado en el desarrollo

del modelo puesto que algunas unidades de empaque no podrían ser acomodadas en ese espacio calculado.

En la última columna de la tabla se puede observar una agrupación de los materiales por categoría con su respectivo total de área A estimado de almacenamiento. Esto se hizo con el fin de analizar el modelo desde una perspectiva más simplificada.

## **5.2 Aporte a la empresa**

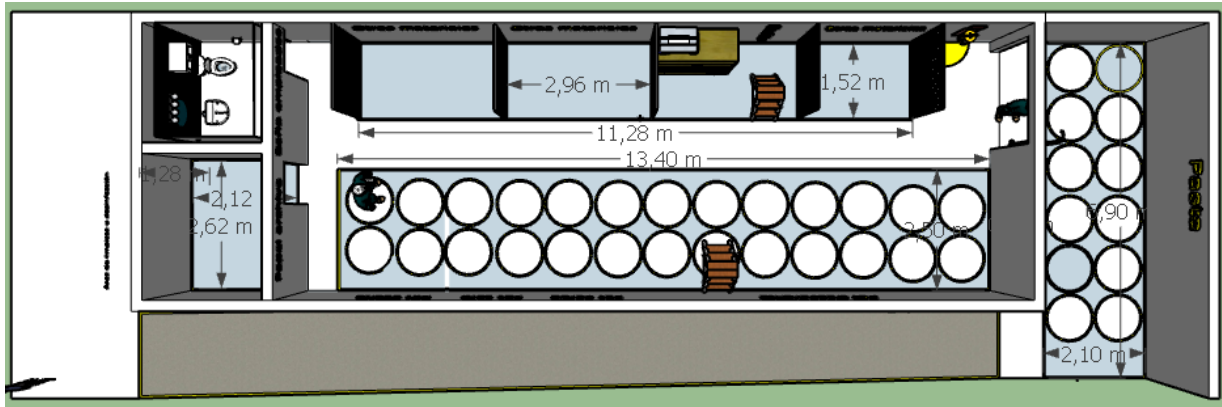
Correspondiente a la Fase III del proyecto en este aparte se mostrará el diseño de distribución en planta propuesto a la luz de todas las consideraciones y restricciones de diseño anteriormente justificadas.

### **5.2.1 Modelo de distribución en planta propuesto.**

A continuación, se muestran imágenes tomadas del modelo desarrollado en el software Google Sketchup.

Ver la animación completa del modelo de distribución en planta propuesto siguiendo la URL <https://www.youtube.com/watch?v=eKPU03cy9rl&feature=youtu.be>



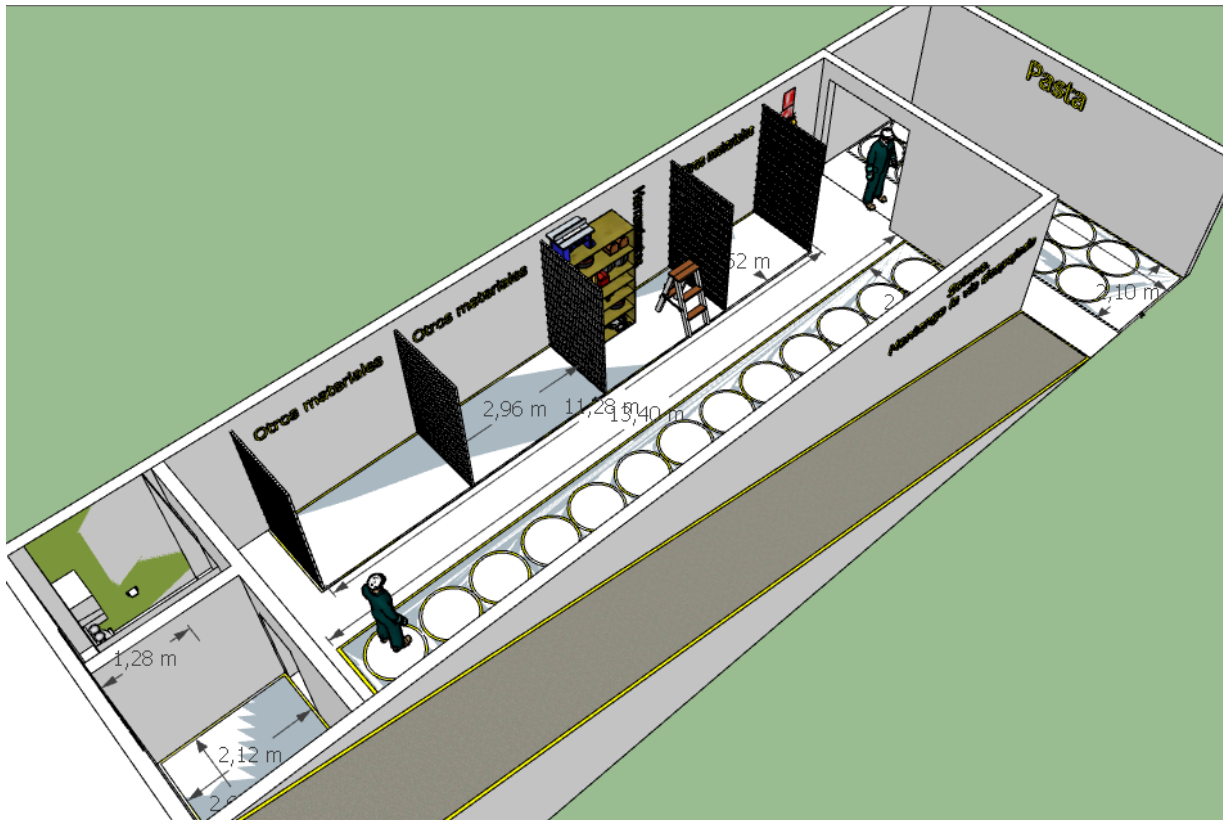


*Ilustración 7 Plano de distribución propuesto sótano*

*Fuente: Elaboración propia*

En la Ilustración 7 se puede observar que el sótano se asigna como área de almacenamiento del PET en general (hasta 52 tulas), de la pasta (hasta 24 tulas), del archivo y un espacio para los materiales, insumos y herramientas de la empresa. La razón de esta asignación es debido a que son materiales que ocupan el mayor volumen de entre todos con un poco más del 50% de ocupación total. Así mismo, no son de alta rotación ni de captación, sus unidades de empaque pesadas oscilan entre los 30 y 40 kilogramos para las tulas del PET y la pasta, no representan mayor riesgo para el trabajador durante su manipulación siempre y cuando se haga con ayuda de una carretilla.

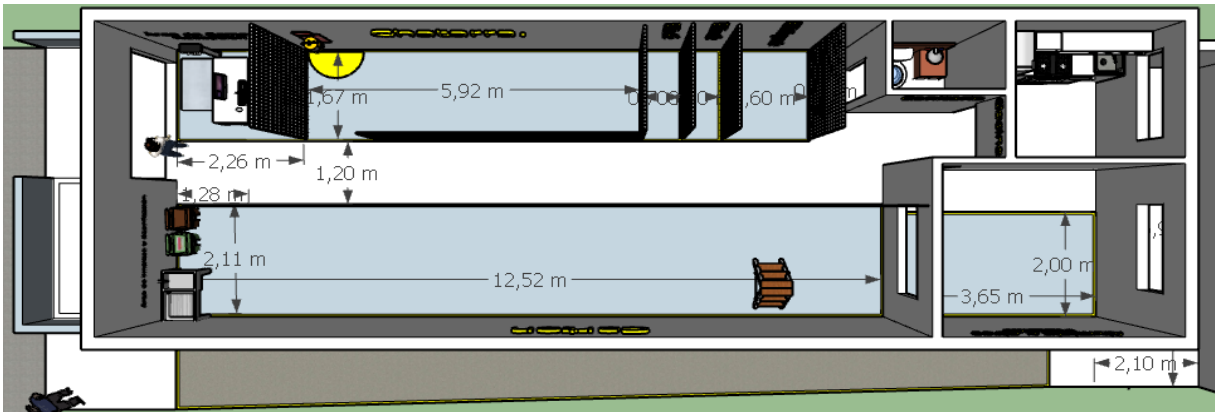
Se proponen 3 áreas marcadas como “otros materiales” ya que el modelo de distribución propuesto consigue acomodar los materiales de tal modo que sobra espacio para ser destinado al almacenamiento de otros materiales o para responder a un repentino creciente de captación de material recuperado. De la tabla 7 se puede inferir que el volumen ocioso estimado sería de 36 metros cúbicos.



*Ilustración 8 Vista en perspectiva sótano*

*Fuente: Elaboración propia*

En la Ilustración 8 se puede observar la distribución propuesta para el sótano con sus respectivas áreas demarcadas en amarillo, un extintor de fuego, una alarma de incendios, una unidad sanitaria, las rejas separadoras de celdas, un armario destinado al almacenamiento de materiales, herramientas e insumos para los trabajadores y las medidas de área respectivas para cada zona.



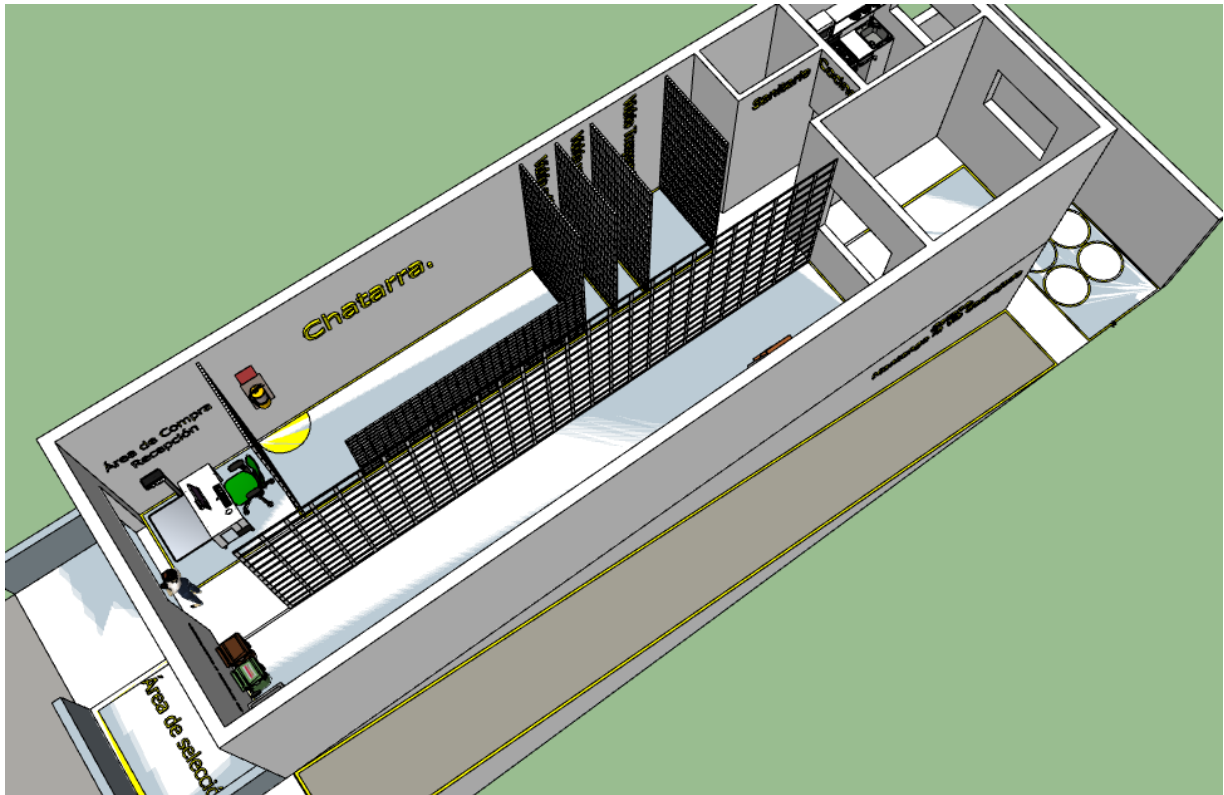
*Ilustración 9 Plano de distribución propuesto Primer nivel*

*Fuente: Elaboración propia*

En la Ilustración 9 se observa la distribución propuesta para el primer nivel. Esta área fue asignada para el manejo de los materiales de mayor tasa de captación y de mas rotación en la empresa. Se ofrece un área para el cartón, la chatarra, el vidrio en general, el aluminio y otros metales. La razón de esto es que, hay mejores condiciones de iluminación, ventilación y acceso a las áreas de almacenamiento, así como economía sustancial de movimientos. En la tabla 8 se puede observar un resumen de las ganancias obtenidas con esta distribución propuesta.

En la Ilustración 10 (página siguiente) se puede ver en perspectiva la distribución propuesta que tiene como elemento a destacar que la ubicación del área de recepción y despacho de los materiales queda justo a la entrada del edificio. Este primer nivel cuenta con unidad sanitaria, cocina, y además de las áreas para los materiales ya mencionados tiene una destinada para la limpieza y desinfección, lugar de acceso para los trabajadores y recuperadores, y a la entrada se asignó el área para la selección de los materiales a recuperar. Cabe anotar que también cuenta con una alarma de incendios a la entrada, un extintor de incendios, señalización de evacuación, y de prohibido fumar. La cartelera

informativa con la lista de precios es visible desde la entrada y básicamente la administración del negocio se puede desarrollar ahí mismo cómodamente.



*Ilustración 10 Vista en perspectiva primer nivel*

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.3 Cifras y datos

Tabla 7 Dimensiones y capacidad de las celdas

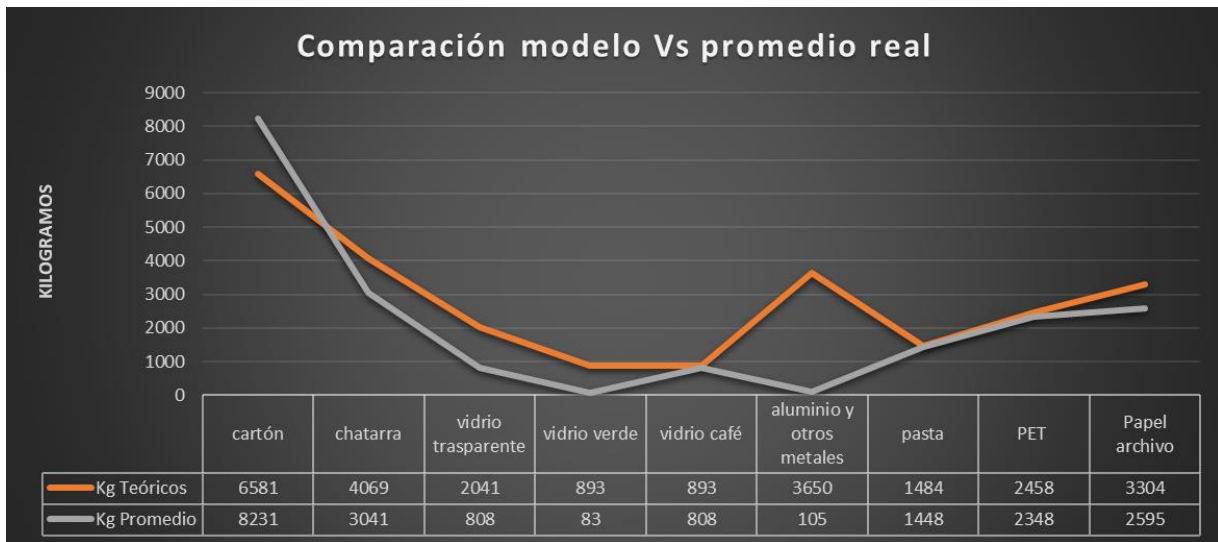
Comparacion entre datos reales y asignados							
Celda	Ancho	Alto	Largo	Área	Volumen	Densidad A	Kg Teóricos
cartón	2,11	3,6	12,52	26,4	95,1	69,2	6581
chatarra	1,67	2	5,92	9,9	19,8	205,8	4069
vidrio transparente	1,67	3,6	1,6	2,7	9,6	212,2	2041
vidrio verde	1,67	3,6	0,7	1,2	4,2	212,2	893
vidrio café	1,67	3,6	0,7	1,2	4,2	212,2	893
aluminio y otros metales	2	2	3,65	7,3	14,6	250	3650
pasta	2,1	2,9	5,9	12,4	35,9	41,3	1484
PET	2,5	2,9	13,4	33,5	97,2	25,3	2458
Papel archivo	2,62	2,9	2,12	5,6	16,1	205,1	3304

*Fuente: Elaboración propia*

De la tabla 7 se puede observar que no se le asignó una celda a cada uno de los materiales relacionados en la tabla 2. Esto es debido a que las cantidades recuperadas son tan pequeñas (ocupan áreas inferiores a 1 m<sup>2</sup>) que no ameritan la construcción de una celda individual por lo que esos materiales se pueden depositar a discreción en las celdas diseñadas en el modelo para otros materiales. Las celdas mencionadas son flexibles en cuanto a su configuración espacial pues se pueden dotar de estanterías que permitan acomodar múltiples tipos de materiales en pequeñas cantidades.

A propósito de la tabla 7, el modelo contempló la asignación de celdas únicamente para los materiales de mayor volumen y frecuencia de captación.

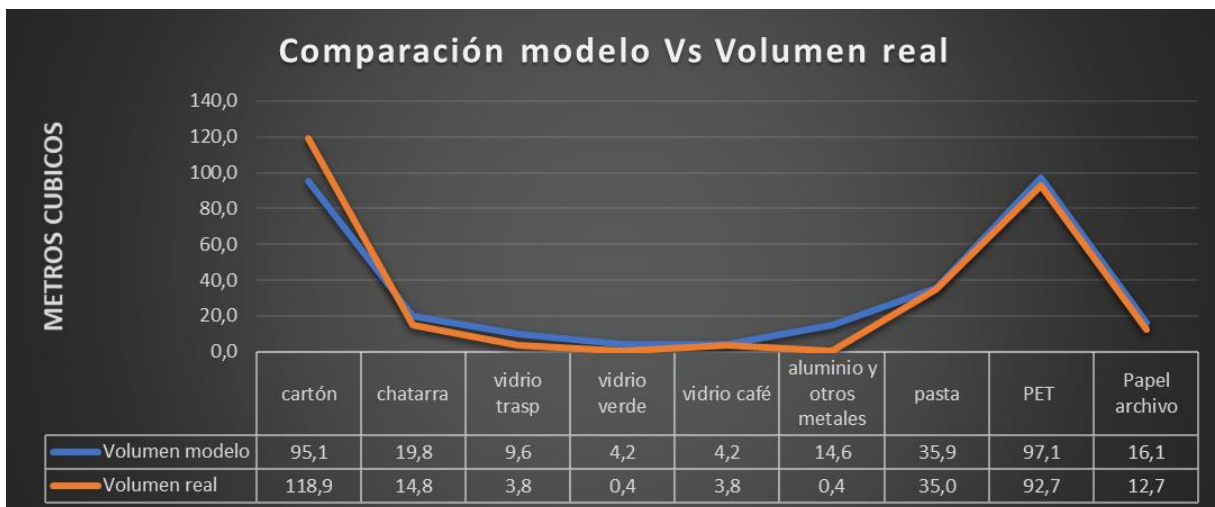
Ilustración 11 Comparación en términos de masa



Fuente: Elaboración propia

Acopiando información de la tabla 2 y la tabla 7 se logró contrastar las cantidades promedio en kilogramos, manejadas mensualmente en la Corporación con las estimadas del modelo propuesto. Se puede observar en la Ilustración 11 que el modelo se ajusta por encima de la capacidad actual medida en kilogramos para todos los materiales excepto para el cartón donde se observa un leve desfase pero que no representa problema alguno en el modelo, dado que, la capacidad del camión que recoge este material suele ser de entre 1000 y 1200 kilogramos lo que implica que, se pueden almacenar hasta 6 cargas de cartón de acuerdo con el modelo.

En términos de masa el modelo de distribución en planta propuesto puede almacenar una cantidad total estimada de 25373 Kg frente a un promedio actual de 19466 Kg lo que representa un incremento del 30% con respecto a la capacidad en masa hoy en día.



*Ilustración 12 comparación en términos de volumen*

*Fuente: Elaboración propia*

Acopiando información de la tabla 6 y de la 7 se logró contrastar el volumen en metros cúbicos que maneja actualmente la Corporación con respecto a los estimados en el modelo de distribución en planta propuesto. Se observa en la ilustración 12 que hay una diferencia para el cartón situación que ya se ha explicado en el apartado anterior.

En términos de volumen se puede ver que el modelo se ajusta ligeramente por encima de la capacidad en metros cúbicos de almacenamiento actuales, obteniendo una ganancia de espacio estimada en un 18% considerando el espacio ocioso obtenido con el modelo. (que no esta reflejado en la Ilustración 12 pero sí en la Ilustración 7, 8 y el enlace al video de la animación del modelo de distribución en planta para el ECA.)

*Tabla 8 Resumen de mejoras logradas en la distribución con el modelo propuesto*

Mejoras logradas en el modelo de distribución	
Factor	Mejoras
Material	Economía sustancial de movimientos, mayor y mejor aprovechamiento del espacio
Maquinaria	Traslado del área de recepción y despachos al primer nivel, incorporación de carretillas y escaleras para la manipulación del material.
Recurso humano	Eliminación o mitigación de los riesgos asociados a la salud tales como: musculo-esqueléticos, afecciones respiratorias, laceraciones, contusiones, electrocuciones y quemaduras
Movimiento	Debido al traslado de el área de recepción y despacho al primer nivel tanto empleados como recuperadores obtienen un ahorro del 90% en desplazamiento hacia esa zona. Además de que los recuperadores evitan ingresar al edificio y en consecuencia no se exponen a ningún peligro.
Espera	Debido a que la entrada al área de recepción y despachos en mas amplia y totalmente libre de obstáculos ya no se volverían a presentar atascos y contratiempos en la entrega de los materiales. Los tiempos de espera se verían recudidos en un 92%
Servicio	Se incorpora botiquín de primeros auxilios, un área de limpieza y desinfección con acceso a los recuperadores tanto para asear sus manos como para beber agua, se implementa el esquema de prevención y protección contra incendios, se aprovechan mejor las condiciones naturales de iluminación y ventilación, se obtienen sustanciales economías de movimientos, tiempos de espera en la recepción y el despacho.
Edificio	Se consigue un aprovechamiento mayor de las características de la infraestructura actual sin modificaciones sustanciales de la misma lo que se facilitaría la implementación futura del modelo. Además se mejora el control y la seguridad de las instalaciones.
Cambio	Basado en el análisis del volumen promedio de ocupación (ver tabla 7) se consigue obtener una ganancia en espacio del 18% lo que permitirá un margen de respuesta ante la llegada inusitada de materiales recuperados eventualmente.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se puede observar un resumen de los logros mas significativos que provee el modelo de distribución en planta propuesto para el ECA. Se destaca el hecho de que el



modelo responde efectivamente a múltiples problemáticas expuestas en el numeral 5.2 Fase II Desarrollo de la solución tales como, la reubicación del punto de recepción de los materiales recuperados en el primer nivel. Esto es especialmente importante porque repercute positivamente en varios de los factores considerados en la distribución. Por ejemplo, en la actualidad las personas deben hacer un recorrido de 52 metros de ida y regreso a la salida del ECA para vender el material, con el modelo solo tendrán que desplazarse 4 metros lo que implica una reducción del 92% de la distancia recorrida. Así mismo la ubicación favorece sustancialmente la libre circulación hacia el área en cuestión con una mejoría del 100% puesto que ya no puede haber obstáculos que entorpezcan la circulación del personal. Es de anotar que los tiempos de recepción y despacho de los materiales también se ven reducidos significativamente no solo por el hecho de estar a bordo de carretera sino porque la distribución interna de las celdas contenedoras está ubicada de modo que facilitan el acceso de modo mas ágil y seguro a los materiales. Ahora bien, los beneficios para la administradora y el personal de planta son gratos, pues al aprovechar mejor la luz del día y la ventilación natural se previenen muchas afectaciones a la salud y se obtiene mayor grado de confort durante la jornada laboral.

En términos de costo-beneficio es claro que las mejoras logradas con el modelo propuesto permitirían el manejo de mayor volumen de materiales en condiciones de operación mas óptimas lo que indudablemente significaría a la larga un estado de resultados mas positivo para la corporación.

#### 5.4 Recomendaciones

- Para evitar que las celdas rebasen su capacidad Máxima de almacenamiento es necesario programar con la suficiente anticipación la recolección de los materiales. La capacidad de las celdas se diseñó de tal manera que pueda acumular cantidades superiores a las transportadas en cada viaje.

- La implementación del esquema de prevención y atención de incendios es importante dada la alta probabilidad de ocurrencia de este evento. Si bien el modelo cumple con los requerimientos mínimos para el efecto se recomienda tomar las medidas adicionales que puedan presentarse.
- la implementación de la metodología 5S es de gran importancia en el mantenimiento de las condiciones de operación óptimas del modelo proyectado, por lo tanto, se recomienda tener en cuenta la información suministrada en la capacitación de la metodología en cuestión. En el anexo 3 se encuentra la presentación con el contenido de la capacitación virtual llevada a cabo con los líderes de la Corporación anterior mente.
- Es posible conseguir que estudiantes en periodo de prácticas de Ingeniería Mecánica presenten una propuesta que permita resolver el asunto del diseño de una carretilla de recolección adaptada a las necesidades de los recuperadores, así como de una compactadora manual o electromecánica que permita reducir el volumen del material PET. Estos dos requerimientos salieron a la luz durante las reuniones con los recuperadores, y no fue posible incluirlos en el alcance del proyecto.

## 6. Conclusiones

- En el modelo de distribución en planta propuesto para el ECA se cumplió con los parámetros de diseño establecidos desde el DNP, se tuvieron en consideración todos los aspectos críticos socializados con las partes interesadas, para la solución o mitigación de las problemáticas actuales de la operación en la entidad. Adicionalmente, se integró en la solución un riguroso análisis cualitativo y cuantitativo de los factores asociados a una distribución en planta desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial, lo que permitió desarrollar un entregable final que satisface los objetivos propuestos en el inicio del proyecto y que llegada la hora de poderse implantar repercutiría en grandes beneficios como ya se mencionó en el análisis de resultados.
- El desarrollo de este proyecto resulta valioso en la medida que se pudo demostrar la gran cantidad de oportunidades de mejora que existen en la Corporación. Se logra demostrar la importancia de un estudio y formulación de distribución en planta, debido a que como se observa en la parte final del trabajo no hay una actividad del proceso de clasificación, recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos llevado a cabo en COPRESAP que no se vea significativamente mejorado y beneficiado con la futura implantación del modelo.
- Los más beneficiados con la implantación del modelo propuesto para el ECA serán los recuperadores, quienes van a disfrutar de los cambios incorporados al modelo en su beneficio tales como el acceso rápido y corto sin complicaciones al área de compra y recepción del material, que de golpe los libraría de la complicada y peligrosa manera en la que acceden a esa área en la actualidad, librándolos de los peligros que atentan contra su integridad y su salud. también, tendrán la posibilidad de acceder al área de limpieza y desinfección que en estos tiempos de Pandemia por el nuevo Coronavirus han cobrado especial relevancia en el cuidado de la salud. Allí también podrán tomar

agua y saciar su sed. La Corporación también dispondrá de un botiquín de primeros auxilios apropiado para atender situaciones menores tales como laceraciones, raspones y golpes que suelen ser frecuentes de sufrir en el desarrollo de esta labor.

- El acceso a las unidades sanitarias también otorgara un alto grado de confort a los recuperadores pues, dado que en su mayoría son mayores de 60 años, requieren de este servicio con más urgencia. El nivel de esfuerzo físico que realiza cada recuperador en la actualidad para acceder al área de compras es excesivo en el siguiente enlace se puede ver un video de mi autoría, sobre la experiencia que viven a diario. <https://www.youtube.com/watch?v=8dGPRxwHnqA&feature=youtu.be> de allí la importancia de la implantación de este modelo de distribución en planta para que esas personas ya no tengan que pasar por semejantes trabajos y solo sea tan sencillo como llegar a la entrada principal del ECA y entregar sus materiales sin mayores complicaciones.
- El desarrollo de este proyecto me resultó muy enriquecedor en varios aspectos, ya que fue posible aplicar de manera adecuada múltiples conceptos y habilidades propias de la Ingeniería Industrial en la solución de un problema real de una empresa de reciclaje como lo es la Corporación COPRESAP, el impacto fue posible al tener contacto con las personas en condiciones de vida tan lamentables (muchos es situación de calle), lo que ocasiona implementar habilidades de relacionamiento y especialmente de empatía para poder conectar con las personas, conseguir su confianza y colaboración con con el proyecto y obtener no solo información relevante si no también aprendizajes de vida al escuchar varias de sus historias personales.
- El desarrollo de la práctica permitió cumplir con el requisito final para optar al título de Ingeniero Industrial. Pero más allá de todos los honores y logros que se puedan alcanzar este permite crecer como persona y profesional, cuando se permite a través de oportunidades como estás la implementación del modelo propuesto para el ECA que

permita mejorar las condiciones de vida de las personas que tienen contacto con la corporación.

### Referencias Bibliográficas

S.A.S., E. (2020). Colombia podría aprovechar 40% de las toneladas de residuos que genera anualmente. Retrieved 26 April 2020, from <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/colombia-podria-aprovechar-cerca-de-40-de-los-116-millones-de-toneladas-de-residuos-que-genera-al-ano-2813141>

Richard Muther (1970), Distribución en planta, 2.a ed., Barcelona, Editorial Hispano-Europea, McGraw-Hill, pp. 43-44.

DNP, E. (2020). 45. Lineamientos para la construcción de Estaciones de clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos - ECA. (Pendiente aval sectorial). Retrieved 26 April 2020, from [https://proyectostipo.dnp.gov.co/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=245:45-lineamientos-para-la-construccion-de-estacion-de-clasificacion-y-aprovechamiento-de-residuos-solidos-eca&Itemid=311](https://proyectostipo.dnp.gov.co/index.php?option=com_k2&view=item&id=245:45-lineamientos-para-la-construccion-de-estacion-de-clasificacion-y-aprovechamiento-de-residuos-solidos-eca&Itemid=311)

(2020). Actualización Plan de Gestión de Residuos Sólidos municipio de Medellín 2015 Retrieved 26 April 2020, from [https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportalDelCiudadano\\_2/Ate ncinCiudadana1/Publicaciones/Shared%20Content/Documentos/2015/PGIRS%20M EDELL%C3%8DN%202016-2027.pdf](https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportalDelCiudadano_2/Ate ncinCiudadana1/Publicaciones/Shared%20Content/Documentos/2015/PGIRS%20M EDELL%C3%8DN%202016-2027.pdf)

Ríos Ortiz, E. (2013). Diseño de sistemas productivos. Colombia: Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería.

De la Fuente García, D., & Quesada, I. F. (2005). Distribución en planta. Universidad de Oviedo.

Agrahari, R. S., Dangle, P. A., & Chandratre, K. V. (2017). Implementation of 5S Methodology in the Small Scale Industry: A Case Study. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 4(3), 130–137. Retrieved from <https://irjet.net/archives/V4/i3/IRJET-V4I3411.pdf>

López, J. C. G. (2013). “Las 5 ‘S’ Una Herramienta Para Mejorar La Calidad, En La Oficina Tributaria De Quetzaltenango, De La Superintendencia de Administración Tributaria En La Región Occidente,” Tesis, 216.

Tuomo, R., Honkanen, J., & Pentti, O. (2014). Applying the Lean 5S Method to laboratories and prototype workshops, Bachelor’s, 1–73.

Lee J. Krajewski, Larry p. Ritzman and Manoj k. Malhotra. (1999). Operations managements, processes and supply chains, 10. Ed., Pearson, p.401

Richard Muther. (1970), Distribución en planta, 2. Ed., Barcelona, Editorial Hispano Europea, McGraw-Hill, p. 1.

NFPA. Norma NFPA 10. Estándar para extintores portátiles de incendio. USA. Edición 2007.

(2020). Retrieved 7 June 2020, from [https://www.arlsura.com/images/stories/documentos/articulo\\_extintores.pdf](https://www.arlsura.com/images/stories/documentos/articulo_extintores.pdf)

## Anexos

### Anexo 1

#### Evaluación de la capacitación en 5s

Su opinión es vital para medir el nivel de conformidad con los diferentes encuentros pedagógicos; responder la encuesta de satisfacción permite identificar procesos de mejoramiento continuo, para lograr brindar un servicio de mejor calidad y oportunidad.

Marque con "X" su respuesta en una escala de valores de 1 a 5, donde 1 el mínimo grado de satisfacción y 5 es la máxima, satisfacción, según sea su grado de satisfacción por el servicio recibido.

Escala de valores: 1: Deficiente 2: Insuficiente 3: Aceptable 4: Sobresaliente 5: Excelente					
Aspectos para evaluar	1	2	3	4	5
Cumplimiento de los objetivos programados					x
Claridad y organización del facilitador					x
Pertinencia de los temas tratados, como apoyo a su gestión				x	
Manejo apropiado de los medios didácticos utilizados					x
Dominio del tema del facilitador					x

XX

En el futuro, qué temas le gustaría fueran abordados en este espacio
Pienso que nos quedo faltando tocar el tema también con los recicladores porque ellos les toca seleccionar para hacer laercialización y el bodegaje en casa en algunos momentos, también es un ejercicio que requiere de cambio de actitud frente a un ejercicio que nos acostumbramos a hacerlo de tal o x manera

### Anexo 2

#### Presentación de la capacitación en 5S

Para acceder al documento tener en cuenta el siguiente para visualizar la información.

<https://drive.google.com/file/d/1Ah1LQFNV7NNmr7iJQvpPbqRXAigy-p5E/view?usp=sharing>



### Anexo 3

#### Presupuesto para el montaje de la distribución en planta propuesta.

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Cotizado en
Papelera Institucional 55 Litros Tapa Vaiven Marca Colplast	2	\$ 54.900	\$ 109.800	Mercado libre
Lavadero 80 cm x 60 cm x 17 cm Granito	1	\$ 179.900	\$ 179.900	Homecenter
Extintor Multipropósito 10lb ABC	2	\$ 56.400	\$ 112.800	Homecenter
Escalera 2.4mt 8 Pasos Multipropósito	2	\$ 249.900	\$ 499.800	Homecenter
Botiquín de Emergencias Tipo A	1	\$ 196.900	\$ 196.900	Homecenter
Pintura Exterior Koraza Blanco 5gl Pintuco	1	\$ 353.900	\$ 353.900	Mercado libre
Pintura Interior Viniltex Blanco 4.1gl Pintuco	2	\$ 250.900	\$ 501.800	Mercado libre
Señalización Industrial En Acrílico - Señalética Avisos	12	\$ 14.900	\$ 178.800	Mercado libre
Mallas	12	\$ 3.594.000	\$ 3.594.000	Habitissimo
Galón De Esmalte Industrial Amarillo	2	\$ 55.000	\$ 110.000	Mercado libre
Carretilla Carreta Zorra De Carga Dos Ruedas 350kg	2	\$ 260.000	\$ 520.000	Mercado libre
Alarma Gsm Kit Casa Local Finca Inalambrica Gsm 4 Sensores	1	\$ 400.000	\$ 400.000	Mercado libre
Mano de obra	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	Particular
Total			\$	10.757.700
Margen de seguridad		15%	\$	12.371.355

Los precios relacionados en la tabla anterior fueron tomados de la red el día 2 de julio del 2020.

El presupuesto es un estimado del costo total en caso de que se tomara la decisión de materializar la propuesta de distribución en planta presentada en este trabajo. En ningún caso representa el costo exacto de una eventual ejecución del proyecto, lo que sí permite tener un punto de referencia para hacer estimaciones más precisas.