



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

"Rediseño del Proceso de Recolección y Procesamiento de Desechos"

**INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIEROS INDUSTRIALES**

Presentado por:

Javier Andrés Almeida Aguirre

Joe Luis Cobo Amoretti

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

Año: 2016

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por iluminar nuestro camino para llegar a este punto de nuestras vidas.

A nuestros familiares y amigos, por su amor y apoyo incondicional en cada meta que nos proponemos.

A aquellas dos personas especiales, por complementar nuestros días y aportar en nuestro crecimiento personal.

A todos los profesores que contribuyeron en nuestra formación académica, especialmente al Ing. Edwin Desintonio por su constante aportación en el desarrollo de este proyecto.

De Javier y Joe.

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Javier Almeida Aguirre

Autor 1



Joe Cobo Amoretti

Autor 2



MSc. Edwin Desintonio

Tutor de Materia  
(Integradora)

## RESUMEN

La compañía MJ S.A, cuyo verdadero nombre no se menciona por confidencialidad, tiene como principal actividad brindar el servicio de recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de desechos de varios sectores productivos. De acuerdo a los datos históricos del año 2015, la compañía registró una diferencia entre el peso de los desechos recolectados, y el peso de los mismos, una vez descargados en planta previo a su tratamiento. Esto representa un problema debido a que los clientes pagan por el peso registrado en el punto de recolección, por lo que esta diferencia conlleva a pérdidas monetarias altas. El presente trabajo describe la metodología utilizada para reducir la pérdida incurrida durante la recolección de desechos de tipo hospitalario. Se incluyen las técnicas utilizadas para la identificación de causas raíces, así como la elaboración de propuestas de mejora evaluadas y priorizadas. Entre las propuestas se incluyen el cambio de equipos de medición y la implementación de un sistema de control para obtener un proceso más robusto. Se capacitó a los operadores para estandarizar el método de pesaje de desechos con el objetivo de reducir el número de errores y, mediante la simulación del uso de nuevas balanzas se logró cuantificar la ganancia adicional esperada, siendo un valor anual de USD 41,840.

**Palabras claves:** desecho, equipo de medición, pesaje.

## **ABSTRACT**

*The company MJ S.A., whose real name has been changed by confidentiality issues, has as principal activity the service of waste collection, transportation, storage, treatment and final disposition for different productive sectors. According to the company's historical records, during 2015 a difference between the weight of collected waste, which customers pays for, and the weight of the same waste once they are unloaded at plant prior to its treatment, was recorded; representing high monetary losses. The following project describes the methodology developed in order to reduce the losses from the collection process of hospital waste. This work includes the variety of techniques applied to find root causes, also the improvement proposals that were evaluated and prioritized. The proposals include a change in the weighing equipment and the implementation of a control system in favor of obtaining a robust process. Operators were trained to standardize the weighing method and also to reduce the number of errors, and finally by simulating the use of the proposed scales it was possible to determine an expected annual benefit of USD 41840.*

**Key words:** *waste, measurement instrument, weighting.*

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	ii
DECLARACIÓN EXPRESA .....	iii
RESUMEN.....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
ÍNDICE GENERAL .....	vi
ABREVIATURAS.....	viii
SIMBOLOGÍA.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1 .....	3
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
<b>1.1 Objetivos.</b> .....	5
<b>1.1.1 Objetivo general</b> .....	5
<b>1.1.2 Objetivos específicos</b> .....	5
<b>1.2 Marco teórico</b> .....	6
<b>1.2.1 Gestión Ambiental</b> .....	6
<b>1.2.2 Mejora Continua</b> .....	7
CAPÍTULO 2 .....	14
2. METODOLOGÍA.....	14
<b>2.1 Definir</b> .....	15
<b>2.2 Medir</b> .....	18
<b>2.3 Analizar</b> .....	28
<b>2.4 Mejorar</b> .....	42
<b>2.5 Controlar</b> .....	58
CAPÍTULO 3 .....	60

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	65
BIBLIOGRAFÍA .....	66
APÉNDICE A.....	69
APÉNDICE B.....	70
APÉNDICE C.....	71
APÉNDICE D.....	73
APÉNDICE E.....	76
APÉNDICE F .....	79
APÉNDICE G .....	80
APÉNDICE H.....	81

## ABREVIATURAS

PDR	Puntos de Recolección
USD	United State's Dollar



## SIMBOLOGÍA

Kg.	Kilogramo
Ton.	Tonelada
\$	Dólares americanos

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Datos estadísticos de la variable: Diferencia de Peso.....	3
Figura 1-2. Porcentaje de variación por ruta .....	5
Figura 2-1. Pesos de desechos recolectados vs. procesados en el 2015 ....	17
Figura 2-2. Diagrama SIPOC .....	19
Figura 2-3. Diseño inicial del proceso operativo de la empresa.....	21
Figura 2-4. Líder de proyecto durante la recolección de datos .....	24
Figura 2-5. Operario manejando montacargas en planta.....	24
Figura 2-6. Datos Estadísticos de la variable: Diferencia de Peso. ....	29
Figura 2-7. Gráfica de Control para la variable: Diferencia de Peso.....	30
Figura 2-8. Diagrama Ishikawa .....	33
Figura 2-9. Matriz de Priorización de Causas .....	35
Figura 2-10. Operarios mientras realizan tarea de pesaje. ....	36
Figura 2-11. Balanza utilizada en uno de los PDR.....	37
Figura 2-12. Operador realiza sumas en su equipo de protección .....	37
Figura 2-13. Fundas de desechos regando fluidos. ....	38
Figura 2-14. Desechos pierden trazabilidad en el vehículo. ....	39
Figura 2-15. Fundas de desechos rotas.....	39
Figura 2-16. Matriz de Ponderación de Soluciones .....	45
Figura 2-17. Rediseño del proceso operativo de la empresa.....	52
Figura 2-18. Líderes de proyecto tomando datos durante la simulación. ....	55
Figura 2-19. Capacitación al primer grupo de operarios. ....	56
Figura 2-20. Explicación del uso correcto de la balanza.....	56
Figura 2-21. Guías operativas colocadas en cartelera.....	59
Figura 3-1. Diagrama de cajas de los datos.....	60
Figura 3-2. Resultados de la prueba de hipótesis.....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de la diferencia de peso por ruta .....	4
Tabla 2. Cronograma de actividades del Proyecto .....	14
Tabla 3. Pesos de desechos recolectados vs. Procesados en el año 2015 .	16
Tabla 4. Plan de Recolección de datos .....	22
Tabla 5. Datos para la prueba piloto .....	26
Tabla 6. Cálculo del tamaño de muestra.....	27
Tabla 7. Datos de la muestra de la variable de respuesta .....	27
Tabla 8. Datos de la prueba R&R .....	41
Tabla 9. Resultados del análisis R&R .....	41
Tabla 10. Matriz de relación entre causas y soluciones.....	43
Tabla 11. Lista de Posibles soluciones .....	44
Tabla 12. Plan de implementación Propuesta A .....	47
Tabla 13. Calificación para Calificaciones.....	50
Tabla 14. Costo de implementación del Plan Ganador.....	51
Tabla 15. Utilidades de los posibles escenarios .....	52
Tabla 16. Valores obtenidos una muestra de la simulación.....	54
Tabla 17. Promedio de la diferencia de los pesos de las muestras .....	63
Tabla 18. Promedio total de las muestras.....	63
Tabla 19. Beneficio estimado del cambio de balanzas .....	64

## INTRODUCCIÓN

MJ S.A. es una empresa ecuatoriana encargada de ofrecer el servicio de Gestión Ambiental de residuos industriales, hospitalarios, químicos, farmacéuticos, hidrocarbúricos, agroquímicos y similares. Desarrolla actividades de capacitación, recolección, almacenamiento, tratamiento y disposición final de residuos especiales y peligrosos.

El servicio ofrecido por MJ S.A. comienza con la recepción de los desechos en los puntos de generación, los operarios de recolección son los encargados de pesar estos desechos y registrar esos valores en los documentos legales llamados Manifiestos. El cliente paga por el peso que se registra en ese momento. Luego los operarios cargan los desechos al camión y continúan con su recorrido por otros puntos de recolección según lo indique la ruta que se les haya asignado. Una vez terminada esta ruta, el camión viaja a la planta de tratamiento, donde los desechos son descargados y almacenados en cubículos de manera temporal, hasta que llegue su momento de ser procesados. Por controles internos de inventario, los desechos se pesan nuevamente antes de ser tratados.

Durante los años de operación de la empresa se han registrado diferencias significativas entre los pesos anteriormente mencionados, siendo mayor el peso que se registra en planta, una vez que los desechos han sido descargados. Esta disparidad entre los valores registrados genera una disminución en los ingresos, debido a los kilos de desechos no cobrados a los clientes. La alta dirección está consciente de este problema que perjudica la utilidad operativa de la compañía, y estima pérdidas anuales de \$ 600 000 para el año 2015.

Los jefes de los departamentos operativos de la empresa durante el año 2015 trabajaron en conjunto con la finalidad de hallar una solución a este problema. Realizaron recorridos junto a los camiones de recolección, pruebas de pesaje en planta, y reuniones con el personal operativo; pero, desafortunadamente no lograron hallar la causa raíz del problema.

Este trabajo describe de manera esquemática, una metodología dividida en cinco fases: definir, medir, analizar, implementar y controlar, desarrollada con el propósito de encontrar las causas raíces de esta diferencia de peso encontrada en los últimos años, y además proponer e implementar soluciones que permitan a la compañía mitigar los problemas que existan en la cadena de valor del servicio brindado, asegurando a la alta dirección una reducción en la pérdida monetaria estimada.

# CAPÍTULO 1

## 1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

El problema que se identificó en el proceso de recolección y tratamiento de desechos de MJ S.A radica en la diferencia del peso que existe entre los valores registrados por el departamento de Operaciones y Planta. Durante el proceso de recolección, en las instalaciones del cliente, los desechos son pesados y se registra el peso total en el documento ambiental correspondiente, valor por el que paga el cliente. Luego los desechos son trasladados a planta, almacenados y pesados previo a su tratamiento. La Figura 1 muestra el total de desechos hospitalarios del año 2015 registrados el proceso de recolección y en Planta.

El problema en MJ S.A se definió como: **“Según los registros del año 2015 (enero a diciembre), la empresa registró en sus puntos de recolección de desechos una cantidad de 2 440.65 ton, mientras que en el mismo período, en planta se registró un peso de 2 983.75 ton. de desechos a ser procesados. Esta diferencia de 543.11 ton, representa una pérdida aproximada de USD 600 000 de acuerdo a estimaciones provistas por Gerencia”.**

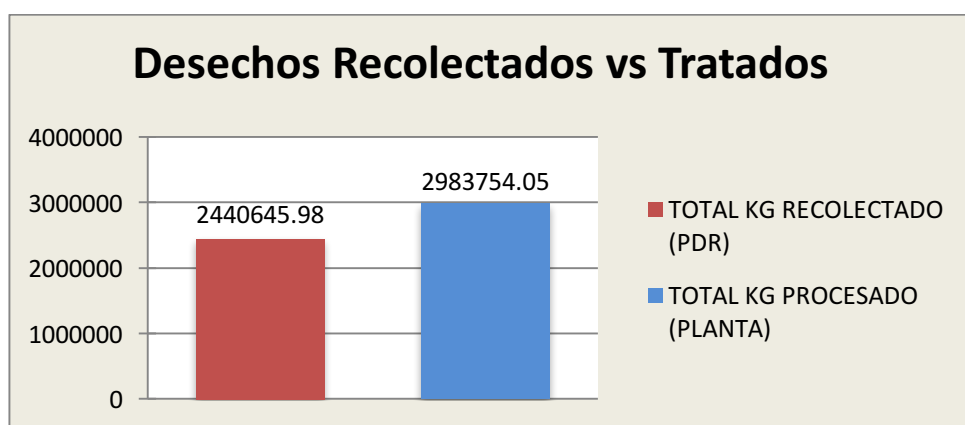


Figura 1-1. Datos estadísticos de la variable: Diferencia de Peso.

En este proyecto se utilizará la variable “diferencia entre el peso de los desechos registrado en los puntos de recolección y el peso registrado en planta” para realizar el análisis de la información, definiendo como alcance a los desechos hospitalarios. Adicionalmente, el proyecto se centra en el estudio de la ruta ALTERNA1, la misma que presentó la mayor diferencia de pesos registrados entre todas las rutas de recolección como se muestra en la Tabla 1.

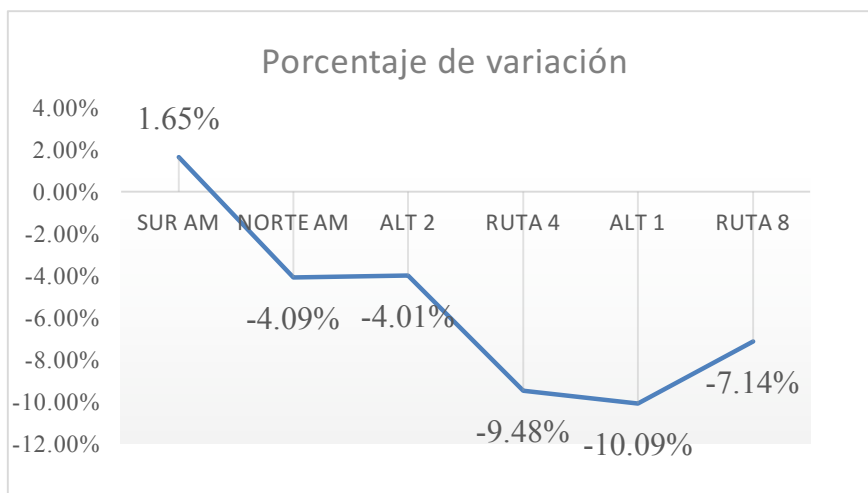
**Tabla 1. Datos de la diferencia de peso por ruta**

Ruta	Peso PDR (kg)	Peso Planta (kg)	Diferencia	Porcentaje de variación
SUR AM	2162	2127	35.00	1.65%
NORTE AM	1357.63	1415.5	-57.87	-4.09%
ALT 2	694	723	-29.00	-4.01%
RUTA 4	296	327	-31.00	-9.48%
ALT 1	740	823	-83.00	-10.09%
RUTA 8	611	658	-47.00	-7.14%

El porcentaje de variación fue calculado a partir de la siguiente ecuación:

$$\%variación = \frac{\text{Peso en PDR} - \text{Peso en planta}}{\text{Peso en planta}} (1.5)$$

La Figura 1-2 muestra de manera sencilla el porcentaje de variación para cada ruta, donde se observó que la ruta que presenta el mayor porcentaje de variación es la ruta ALTERNA 1 con un -10.09%, razón por la cual se decidió trabajar con esta ruta y se la incluyó al alcance del proyecto.



**Figura 1-2. Porcentaje de variación por ruta**

Luego de obtener estos valores, se calculó el porcentaje de variación promedio entre las rutas analizadas: -6.96%. Al ser un valor intermedio, se decidió establecerlo como objetivo para la ruta ALTERNATIVA 1, representando esto una reducción aproximada del 30% para la diferencia de peso de esta ruta.

## 1.1 Objetivos.

### 1.1.1 Objetivo general

Rediseñar el proceso de recolección y tratamiento de desechos considerando mejoras y un sistema de control que asegure su eficiencia.

Meta: Reducir la diferencia entre el peso registrado en los puntos de recolección (PDR) y el peso registrado en planta en un 30%.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Implementar controles visuales fáciles de comprender para los operadores involucrados en los procesos de recolección y tratamiento de desechos para disminuir el número de errores.
- ✓ Determinar y proponer soluciones que permitan reducir la diferencia de pesos.



## **1.2 Marco teórico**

En esta sección se describen los conceptos teóricos aplicados en el desarrollo del este proyecto. El marco teórico se encuentra dividido en dos partes: en la primera se da la explicación de términos relacionados a la gestión ambiental, es decir al giro de negocio de la empresa y en la segunda parte se describen las herramientas de mejora continua que se emplearon durante el desarrollo del proyecto.

### **1.2.1 Gestión Ambiental**

Ernest Guhl define la Gestión Ambiental como “El manejo participativo de las situaciones ambientales de una región por los diversos actores, mediante el uso y aplicación de instrumentos jurídicos, de planeación, tecnológicos, económicos, financieros y administrativos, para lograr el funcionamiento adecuado de los ecosistemas y el mejoramiento de la calidad de vida de la población dentro de un marco de sostenibilidad”. [1]

### **Mejores Prácticas en la Gestión de Desechos**

Las mejores prácticas en gestión ambiental son resultado de un proceso de concientización a las empresas generadoras de desechos. En los países desarrollados existe una cultura estricta acerca de la gestión de desechos. Los hospitales, centros médicos y demás empresas generadoras llevan una excelente práctica en el manejo de sus desechos porque son conscientes de las consecuencias, legales y ambientales, que se pueden desencadenar debido a una gestión inadecuada. Por lo que cumplen a cabalidad los requerimientos que las leyes ambientales, locales e internacionales exigen, mantienen un correcto almacenamiento y manipulación de sus residuos peligrosos, etiquetan cada uno de los recipientes que contengan desechos con la información referente al tipo de desecho, al lugar de almacenamiento, y a la cantidad contenida. [2]

## **Desecho Peligroso**

Es cualquier desecho que constituye un riesgo potencial para la salud de las personas y/o para el medio ambiente, el cual debe ser tratado de forma especial.

## **Desecho Hospitalario**

Son aquellos desechos que contienen gérmenes patógenos en niveles de concentración considerables, que pueden afectar gravemente la salud de las personas. Algunos tipos de desecho hospitalario son:

### Infecioso

Entre estos encontramos principalmente la sangre, los órganos, tejidos, fluidos orgánicos y los materiales que provienen de personas con enfermedades contagiosas.

### Punzantes o Cortantes

Son aquellos materiales corto punzantes, que han sido o no, utilizados para la intervención o tratamiento de un paciente.

### Especiales

Son aquellos que representan un riesgo alto para la salud de las personas o para el medio ambiente debido a las características que los componen, entre estos encontramos residuos químicos peligrosos o radioactivos como los termómetros de mercurio, plaguicidas. [3]

## **1.2.2 Mejora Continua**

Se entiende como mejora continua a la filosofía que busca incrementar la eficiencia de todos los procesos de una compañía. La mejora continua se aplica en todo tipo de

industrias, manufactureras y de servicios, con el objetivo de identificar las actividades que demoran la consecución de los resultados del proceso a fin de eliminarlas o transformarlas para agregar valor al proceso.

EL desarrollo del proyecto de Rediseño del Proceso de Recolección y Tratamiento de desechos de la empresa MJ se realiza utilizando la metodología DMAIC, siendo esta una herramienta aplicada para la mejora continua. [4]

### **Metodología DMAIC**

Es un método de trabajo compuesto de 5 etapas, que permite tener control sobre el desarrollo de un proyecto y alcanzar resultados favorables para las partes interesadas.

#### **Etapas de la Metodología DMAIC**

- **DEFINIR:** Consiste en limitar y acotar el proyecto al definir aspectos importantes como el problema que se va a abordar, las personas involucradas en el equipo de trabajo, los objetivos y el alcance.
- **MEDIR:** Esta etapa se enfoca en la recolección de la data necesaria para poder cuantificar el problema definido en la etapa de definición y tener un mayor entendimiento del mismo.
- **ANALIZAR:** El objetivo de esta etapa es poder identificar todas las posibles causas que contribuyan a que exista el problema. Luego a través de la aplicación de herramientas y métodos de análisis se logra filtrar las causas determinadas, descartar opciones y determinar las más relevantes.
- **MEJORAR:** En esta etapa se definen e implementan las mejores soluciones, previamente analizadas, con el objetivo de eliminar o mitigar el problema identificado.

- **CONTROLAR:** Establecer controles que permitan monitorear el proceso continuamente y que garanticen la duración de las soluciones implementadas.

A continuación se describen brevemente las herramientas de mejora continua utilizadas en el transcurso del proyecto:

**Lluvia de Ideas:** Técnica que busca generar la mayor cantidad de ideas acerca de un tema en particular. [5]

**Caminata Gemba:** Es una o varias caminatas realizadas en un lugar de trabajo definido, con el objetivo de que los líderes del proyecto comprendan los procesos que se ejecutan y puedan determinar las actividades que se realizan fuera del estándar de trabajo. [6]

**Diagrama de Pareto:** También conocido como diagrama 80-20, es un gráfico de barras que permite visualizar e identificar los elementos del sistema que constituyen el mayor porcentaje de las causas de un problema. [4]

**Diagrama de Ishikawa:** Herramienta gráfica mediante la cual se representa y se analiza la relación entre un problema y sus posibles causas. [7]

**SIPOC:** Herramienta que busca identificar los aspectos más importantes de un proceso, como lo son sus entradas, salidas, proveedores, clientes.

- **Entradas:** Son aquellos recursos que ingresan al proceso y posteriormente son transformados o utilizados dentro de este.
- **Salidas:** Es toda aquel documento, registro, información o resultado que arroja el proceso una vez culminado.

- **Proveedor:** Persona o departamento que provee documentos o recursos al proceso.
- **Clientes:** Es la persona o departamento que percibe el resultado del proceso. [4]

**Tamaño de muestra:** Método para elegir una muestra que sea representativa, depende de la cantidad de variabilidad y del patrón que se da en la población. Para el cálculo del tamaño de muestra se utiliza la siguiente ecuación: [7]

$$n = \left( \frac{Z * \sigma}{error} \right)^2 \quad (1.1)$$

**n:** Tamaño de muestra.

**$\sigma$ :** Desviación estándar de los datos.

**error:** Límite aceptable de error muestral.

**Z:** Valor obtenido mediante el nivel de confianza

**Matriz de Priorización:** Herramienta que permite seleccionar la mejor alternativa de entre varias opciones. Esta herramienta se puede utilizar para causas o para soluciones siguiendo la misma metodología.

1. Definir el problema
2. Plantear opciones
3. Definir criterios de evaluación
4. Ponderar los criterios
5. Analizar y comparar las opciones
6. Elegir la mejor alternativa [8]

**5W 2H:** Herramienta utilizada para definir y estructurar planes de acción. Esta técnica permite aclarar la manera para resolver problemas al responder 7 preguntas clave: Qué, Cuándo, Dónde, Quién Por qué, Cómo y Cuánto. [9]

**Análisis R&R:** De acuerdo a la publicación de la revista La Guía Metas un análisis R&R es una herramienta que permite validar y analizar las mediciones tomadas de un ensayo o experimento. Un estudio de repetibilidad y reproducibilidad permite determinar:

- Si la variabilidad del sistema de medición es significativa en comparación con la variabilidad del proceso.
- Cuanta variabilidad en el proceso es ocasionada por los ejecutores del experimento.
- Si el sistema de medición es capaz de distinguir un ensayo realizado con diferentes partes.

### **Métodos para la determinación de R&R**

Se conocen 3 métodos para realizar un estudio de repetibilidad y reproducibilidad, los cuales se basan en evaluación estadística de la dispersión de los resultados, estos métodos son:

#### **Rango**

Permite una rápida aproximación a la variabilidad de las mediciones pero no descompone la variabilidad en repetibilidad y reproducibilidad. Este método es capaz de detectar sistemas de medición no aceptables el 80 % de las veces con una muestra de solo 5 mediciones y el 90 % de las veces con una muestra de apenas 10 mediciones.

#### **Promedio y Rango**

Este método determina la repetibilidad y la reproducibilidad para un sistema de medición, el cual permite descomponer la variabilidad del sistema en dos componentes independientes: la repetibilidad y la reproducibilidad.

## ANOVA

Alcanza los mismos resultados del método de promedios y rangos pero con las siguientes ventajas:

- Permite una estimación más exacta de las varianzas.
- Es posible cualquier estructura experimental.
- Permite conocer la interacción entre la repetibilidad y la reproducibilidad.

**Repetibilidad:** Cercanía entre los resultados de las mismas mediciones de la misma magnitud por medir, efectuado bajo condiciones diferentes. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\%Repetibilidad = \frac{k_1 \times \bar{R}}{T} \times 100 \quad (1.2)$$

**$k_1$ :** Constante que depende del número de mediciones realizadas por operador.

**$\bar{R}$ :** Es el rango promedio de todos los rangos.

**T:** Es la tolerancia de la característica medida.

**Reproducibilidad:** Cercanía entre los resultados de las mediciones de la misma magnitud por medir, efectuada bajo las mediciones. Se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$\%Reproducibilidad = \frac{\sqrt{(k_2 \cdot \bar{X}_D) - \frac{(k_1 \bar{R})^2}{nr}}}{T} \quad (1.3)$$

**$k_2$ :** Es una constante que depende del número de operadores.

**$\bar{X}_D$ :** Es la diferencia entre el promedio mayor y menor de los operadores.

**n:** es el número de ensayos por operador.

**r:** es el número de partes medidas.

**T:** Es la tolerancia de la característica medida.

$$\%R\&R = \sqrt{(\%Repetibilidad)^2 + (\%Reproducibilidad)^2} \quad (1.4) \quad [10]$$

**Prueba de Hipótesis:** De acuerdo al autor Luis Rodríguez, una prueba estadística es una técnica estadística utilizada como soporte en la investigación, la cual comienza con la suposición de un valor que se asigna al parámetro de interés, luego utiliza información (datos) de una muestra para aceptar o rechazar la suposición. Es decir busca determinar si existe suficiente evidencia en los datos de la muestra para inferir la validez de una condición de la población.

**Hipótesis nula (Ho):** Hipótesis propuesta para el parámetro de interés.

**Hipótesis alterna (H1):** Hipótesis que se plantea en contraste de la hipótesis nula (Ho) y que se acepta cuando Ho se rechaza.

**Error tipo I:** Se denomina error tipo I cuando con el resultado de la prueba estadística rechazamos la hipótesis nula cuando en realidad es verdadera.

**Error tipo II:** Se denomina error tipo II cuando se acepta la hipótesis nula cuando en realidad es falsa. [11]



# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA.

Para el desarrollo de este proyecto, se llevó a cabo la metodología DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar. A continuación en la Tabla 2 se muestra la planificación establecida considerando estas cinco fases:

**Tabla 2. Cronograma de actividades del Proyecto**

FASE	ACTIVIDAD	
DEFINIR	Programar reuniones con el personal de la compañía	
	Revisar y procesar información histórica	
	Definir el problema de estudio	
	Establecer de la variable de respuesta	
	Establecer el alcance del proyecto	
MEDIR	Realizar análisis SIPOC de la empresa	
	Realizar visitas in-situ	
	Recolectar información del proceso	
ANALIZAR	Realizar un análisis estadístico básico a los datos	
	Identificar hallazgos del proceso	
	Identificar de causas	Lluvia de ideas
		Diagrama de Ishikawa
		Priorización de Causas
	Validar Causas	Caminata Gemba
Análisis R&R		
MEJORAR	Realizar una lluvia de ideas para soluciones	
	Relacionar las soluciones con las causas	
	Priorizar las soluciones	
	Proponer mejoras	
	Priorización de planes de implementación	
	Realizar un análisis costo-Beneficio del Plan	
	Implementar plan ganador	Simulación de mejora a largo plazo
		Implementación temporal
CONTROLAR	Establecer controles visuales	

## **2.1 Definir**

En esta primera parte del proyecto se definió el problema de estudio, y acotar el desarrollo del mismo a través del establecimiento del alcance. Para lograr esto, se revisó y procesó la data histórica de la empresa, la cual permitió cuantificar la magnitud del problema y conocer la variación de peso existente en cada una de las rutas de recolección para escoger así la más apropiada para ser estudiada durante el proyecto.

### **Reuniones con el personal de la compañía**

Los primeros acercamientos que se tuvieron con la empresa para arrancar este proyecto, fueron reuniones con Gerencia General y los Jefes de las dos áreas involucradas: Operaciones y Planta. Gracias a estas conversaciones, se pudo llegar a definir que un gran problema por el cual la empresa había estado pasando, era la pérdida de dinero que se llegó a estimar debido a la diferencia entre el peso registrado durante el año 2015 en los PDR, y el peso registrado en este mismo período por planta, siendo este último mayor que el anterior. El cliente paga por el valor que se registra en los puntos de recolección.

Gracias a estas reuniones, se logró conocer de mejor manera el proceso a analizar y las categorizaciones que hay a través de toda la cadena de valor, como los tipos de rutas, los tipos de desechos y los tipos de tratamiento que se les da a estos desechos.

### **Procesamiento de información histórica**

La información utilizada para definir el problema sobre el cual este proyecto se desarrolló, fue tomada de dos bases de datos:

- 'Desechos Recolectados 2015': donde se encontraron a manera de tabla dinámica todos los pesos registrados por cada tipo de desecho recolectado durante el año 2015 por la empresa. Estos datos se obtuvieron al pesar los

desechos entregados por los clientes durante las recolecciones, utilizando balanzas portátiles de la empresa MJ S.A. Gracias a estos datos, se logró filtrar por meses y por tipo de desecho, el peso registrado en los puntos de generación.

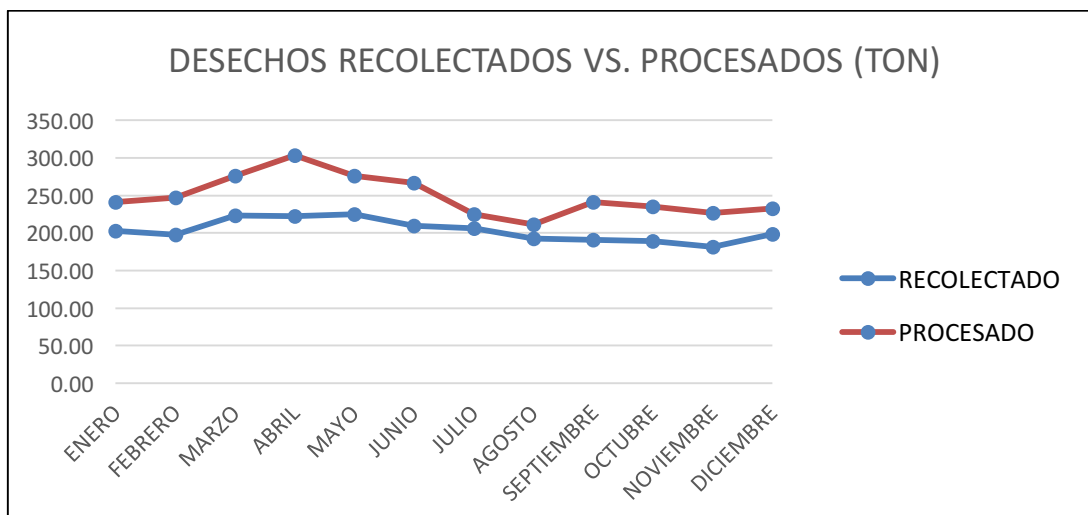
- 'Información Consolidada Planta 2015': a partir de la cual se obtuvieron los pesos registrados con las balanzas de Planta en cada mes del año 2015 por tipo de desecho.

La información consolidada se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3. Pesos de desechos recolectados vs. Procesados en el año 2015**

MES	TON	
	RECOLECTADO	PROCESADO
ENERO	203.17	241.47
FEBRERO	198.11	247.53
MARZO	223.62	275.99
ABRIL	222.37	303.64
MAYO	224.58	275.67
JUNIO	209.27	266.98
JULIO	206.63	224.93
AGOSTO	192.35	211.54
SEPTIEMBRE	191.23	241.48
OCTUBRE	189.38	235.15
NOVIEMBRE	181.59	227.10
DICIEMBRE	198.34	232.28
TOTAL	2440.65	2983.75

La brecha existente entre el peso de los desechos registrados en Planta y el peso de los desechos registrados en los PDR para cada uno de los meses del año 2015, se muestra en la Figura 2-1. Se observa que en todos los meses el peso registrado en planta supera al peso registrado en los PDR.



**Figura 2-1. Pesos de desechos recolectados vs. procesados en el 2015**

Gracias a la información de la Tabla 3, se evidenció que existe una diferencia de 543.11 toneladas entre el peso registrado en los PDR y el peso registrado antes de procesar los desechos en planta.

Además de procesar estos datos, se revisaron los diagramas de flujo de los procesos involucrados: 'Recolección y Transporte de Desechos Hospitalarios' y, 'Almacenamiento, Tratamiento y Disposición final', y se determinó que para poder realizar un mejor estudio sobre la diferencia de pesos, el proceso a analizar se limitaría desde la recolección de los desechos hasta la recepción de los mismos en planta.

### **Definición del problema y variable de respuesta**

Luego de haber procesado la información histórica de la empresa, se llegó a definir el problema existente y la variable con la cual se trabajó para desarrollo de este proyecto, tal y como se encuentra en la sección anterior de este mismo documento.

### **Alcance del proyecto**

El alcance del proyecto se definió por tres factores, detallados en la sección anterior de este documento.

### **2.2 Medir**

En esta sección se realizó un análisis SIPOC para determinar los factores más importantes que forman la cadena de valor del servicio brindado por la empresa MJ S.A., además se recolectó la información numérica necesaria para obtener la variable de respuesta. Se elaboró un plan de recolección con el objetivo de definir los datos que serían necesarios, el personal responsable de obtenerlos, y la manera de recolectarlos; y luego se ejecutó este plan.

### **Análisis SIPOC de la empresa**

En esta sección se presenta un análisis SIPOC, en el cual se describe de manera general la cadena de valor de la empresa MJ. S.A.

**Proveedores:** Son empresas que se dedican a la fabricación de los siguientes tipos de insumos, tachos y fundas plásticas, que cumplen los requisitos para ser utilizados como centro de almacenamiento de desechos.

**Entradas:** La principal entrada es la solicitud de gestión de desechos por parte de las empresas generadoras de desechos del Ecuador, las cuales debido a las regulaciones ambientales del país deben contar con un proveedor certificado del servicio.

**Procesos:** Dentro del macro proceso de MJ. S.A. tenemos los procesos estratégicos, los operativos y los de soporte que serán descritos a continuación.

**Procesos Estratégicos:** Dentro de esta categoría encontramos los procesos de planificación gerencial y gestión de seguridad, salud y medio ambiente, que manejan la gestión administrativa y el enfoque de la compañía.

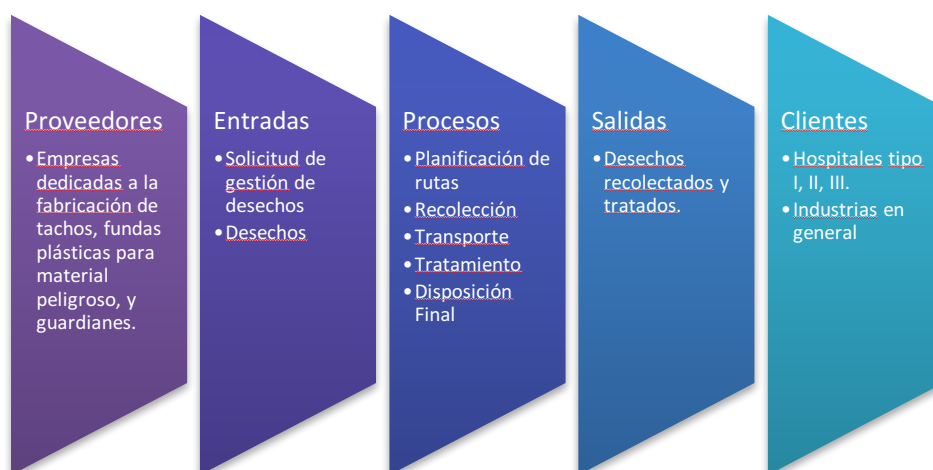
**Procesos operativos:** Aquí se encuentran los procesos que se relacionan directamente con el giro de negocio de la empresa, los cuales se pueden dividir en dos grupos la gestión de desechos y la gestión de servicios. Dentro del primer grupo se encuentra el proceso de planificación de recolecciones, el proceso de recolección y transporte de desechos y el proceso de descarga y tratamiento de desechos. En el segundo grupo encontramos los procesos de captación de clientes y la asesoría a los clientes.

**Procesos de Soporte:** Los procesos de gestión de talento humano, gestión de compras y gestión de sistemas facilitan la gestión de los procesos operativos y gerenciales.

**Salidas:** La salida del macro proceso son los desechos de los clientes gestionados adecuadamente según el tipo y composición.

**Clientes:** Dentro de este grupo en su mayoría se encuentran instituciones hospitalarias tipo I, II, III, de diversas ciudades del país, que brindan servicios médicos y atenciones curativas a la población ecuatoriana.

En la Figura 2-2 se muestra la información descrita anteriormente a manera de gráfico.



**Figura 2-2. Diagrama SIPOC**

### **Visitas in-situ.**

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario analizar los procesos operativos de la empresa, ya que dentro de estos se llevan a cabo actividades críticas que son percibidas por el cliente y que tienen gran influencia sobre los ingresos. Para esto se programaron recorridos junto a los camiones de recolección en toda una ruta hasta su llegada a planta, y poder así tener una mejor visión del proceso.

Gracias a estos recorridos, se logró identificar el macroproceso operativo de la siguiente manera:

### **Macroproceso de Planificación, Recolección y Transporte**

- **Proceso de Planificación de Rutas:** Este proceso tiene como objetivo generar rutas óptimas de recolección para poder brindar el servicio a los clientes asignados cada día. Para lo cual se utilizan criterios de agrupación de clientes por zonas. La salida del proceso es un archivo de ruta diario que deben seguir los operarios de recolección.
- **Proceso de Recolección y Transporte de Desechos:** En este proceso se realiza la recolección de desechos a los clientes que constan en el archivo de ruta diaria. Los operadores se dirigen a los establecimiento de los clientes, específicamente al lugar designado como centro de almacenamiento de desechos, en el cual clasifican y pesan los desechos, ya sea utilizando la balanza establecida por el cliente o con balanzas portátiles proporcionadas por la empresa MJ. S.A. Luego registran los valores en el documento "manifiesto" y colocan las fundas en el camión para transportarlas a planta una vez que se haya realizado la recolección a cada cliente del plan de ruta. Cada ruta tiene asignada un camión, el cual realiza la recolección una vez al día. Este proceso tiene un alto riesgo biológico por lo que se consideran aspectos de seguridad y salud ocupacional.
- **Proceso de descarga de desechos en planta:** a partir del proceso anteriormente descrito nace este subproceso donde los operarios de

recolección al llegar a planta descargan los desechos separándolos por tipo colocándolos en carretones.

- **Macroceso de Almacenamiento, Tratamiento y Disposición Final de Desechos:** este proceso inicia con la recepción de los desechos por parte de los operarios de planta, el almacenamiento temporal de estos residuos, tratamiento y disposición final de los mismos.

Actualmente, el proceso operativo de la compañía, se puede esquematizar de la siguiente manera:



**Figura 2-3. Diseño inicial del proceso operativo de la empresa**

### **Recolección de información de la empresa**

En primera instancia se definieron 2 variables numéricas a medir y ser registradas, pero debido a limitaciones de tiempo del proceso sólo fue posible recopilar 5 datos de cada una para la prueba piloto, motivo por el cual fue necesario utilizar una tercera fuente de información numérica para tomar 25 datos adicionales del archivo histórico 'Desechos Recolectados 2015', y así completar un número de observaciones significativo para realizar la prueba piloto. La Tabla 4 presenta el plan de muestreo diseñado para realizar la toma de datos:



Tabla 4. Plan de Recolección de datos

No.	QUÉ MEDIR?			CÓMO MEDIR?			PLAN DE MUESTREO			
	VARIABLE	TIPO	DEFINICIÓN OPERACIONAL	MÉTODO DE MEDICIÓN	ESTRATIFICACIÓN	MÉTODO DE TOMA DE DATOS	QUIÉN	TIPO	CUÁNTO?	CUÁNDO?
1	Peso de los desechos registrado en PDR	Continua	Peso de los desechos tomado en los PDR y registrado en los Manifiestos.	El peso registrado en los PDR se toma de los Manifiestos Únicos de Entrega.	Tipo de desecho: hospitalario Ruta: Alterna 1	Hoja de datos	Supervisor de Planta	Proceso	1 dato al día (durante 4 semanas)	Consecuente de la llegada del camión a planta.
2	Peso de los desechos registrado en planta	Continua	Peso de los desechos tomados en planta al momento de la recepción de los mismos.	El peso en planta se registra usando la balanza de piso.	Tipo de desecho: hospitalario Ruta: Alterna 1	Hoja de datos	Operario de Planta	Proceso	1 dato al día (durante 4 semanas)	Consecuente de la descarga del camión en planta.
3	Peso diario por ruta registrado en PDR (histórico 2015)	Continua	Peso registrado en manifiestos por una ruta Alterna 1 en el año 2015	Filtrar la base de datos de desechos recolectados 2015 por rutas.	Tipo de desecho: hospitalario Ruta: Alterna 1	SAP a Excel	Líderes de proyecto	Proceso	27 datos	N/A
CÓMO SERÁ USADA LA DATA?						CÓMO SE MOSTRARÁ LA DATA?				
Identificar target Identificar variabilidad del proceso Realizar estimaciones del peso registrado en planta para varias rutas Alterna 1 a partir del peso tomado de la base de datos de desechos recolectados.						Diagrama Pareto Carta de Control				

### **Toma de datos**

Como se observa en la Tabla 4, se trabajó con 3 variables numéricas: 1) Peso de desechos registrados en los PDR, 2) Peso de desechos registrados en Planta y 3) Peso Diario por Ruta (histórico).

Para obtener la primera variable, se solicitó al Supervisor de Planta que cada vez que llegue el vehículo asignado a la ruta de recolección ALTERNA 1, registre en una hoja de datos la suma de todos los pesos que constan en los documentos 'Manifiestos Únicos de Entrega', los cuales son entregados por el chofer del vehículo. Al final de cada semana, el Supervisor de Planta estaba encargado de enviar a los líderes del proyecto la información tomada en la semana (5 datos).

Para obtener la segunda variable los Operarios de Planta designados estuvieron encargados de registrar el peso de los desechos descargados por el vehículo asignado a la ruta de recolección ALTERNA 1, siendo esta tarea fue supervisada por los líderes de proyecto tal como se muestra en la Figura 2-4. Durante la descarga los Operarios de Recolección llenaban un carretón hasta el tope con desechos, luego el carretón era traslado con ayuda de un montacargas, como se muestra en la Figura 2-5, hacia la balanza de plataforma, donde se encontraba otro operario de Planta quien registraba el peso marcado por la balanza de plataforma en una hoja de datos. Luego de esto, el Operario encargado de manejar el montacargas, trasladaba el carretón a uno de los cubículos de almacenamiento, lo vaciaba y lo regresaba al área de descarga, donde esperaba que los Operarios de Recolección lo llenen nuevamente y así, repetir el proceso de pesaje hasta descargar todo el camión. Al final de la semana, estas hojas con pesos se enviaron a los líderes de proyecto junto a los datos de la variable anteriormente mencionada.



**Figura 2-4. Líder de proyecto durante la recolección de datos**



**Figura 2-5. Operario manejando montacargas en planta**

Debido a la cantidad limitada de datos obtenidos a causa de restricciones de tiempo y capacidad del proceso, la tercera variable se obtuvo del archivo "histórico 2015" por los líderes de proyecto. Con los 5 datos registrados por el Supervisor de Planta y los 5 datos tomados por los Operadores de Planta, se obtuvo un promedio de

variación porcentual, el cual se multiplicó a 25 pesos tomados de la base de datos de recolección "histórico 2015" obteniendo así la estimación de los pesos en planta para estos valores. Finalmente, se calcularon las diferencias entre los pesos en PDR y los pesos (estimados) en planta, dando como resultado los 25 datos faltantes.

Los líderes de proyecto realizaron varias visitas a planta para asegurarse que el método de recolección de datos sea el correcto. A continuación se muestran en la Tabla 5 los 30 datos obtenidos como prueba piloto.

Tabla 5. Datos para la prueba piloto

TOMA DE DATOS					
FECHA	RUTA	RESPONSABLE	PESO PDR	PESO PLANTA	DIFERENCIA
23/MAYO	ALT 1	Supervisor 1	740	823	-83
24/MAYO	ALT 1	Supervisor 1	596	667	-71
25/MAYO	ALT 1	Supervisor 1	790	870	-80
27/05/16	ALT 1	Supervisor 2	961.27	964	-2.73
30/05/15	ALT 1	Supervisor 1	384	434	-50
6/06/17	ALT 1	Líder de Proyecto	807.5	882.7	-75.2
6/06/18	ALT 1	Líder de Proyecto	1110	1213.4	-103.4
6/06/19	ALT 1	Líder de Proyecto	1055.3	1153.6	-98.3
6/06/20	ALT 1	Líder de Proyecto	1109,6	1212.9	-103.3
6/06/21	ALT 1	Líder de Proyecto	913.11	998.1	-85.0
6/06/22	ALT 1	Líder de Proyecto	798.8	873.2	-74.4
6/06/23	ALT 1	Líder de Proyecto	1275.6	1394.4	-118.8
6/06/24	ALT 1	Líder de Proyecto	1242.6	1358.3	-115.7
8/06/25	ALT 1	Líder de Proyecto	1081.17	1181.8	-100.7
8/06/26	ALT 1	Líder de Proyecto	934.4	1021.4	-87.0
8/06/27	ALT 1	Líder de Proyecto	341.75	373.6	-31.8
8/06/28	ALT 1	Líder de Proyecto	477.4	521.9	-44.5
8/06/29	ALT 1	Líder de Proyecto	1076.7	1177.0	-100.3
8/06/30	ALT 1	Líder de Proyecto	1584.2	1731.7	-147.5
8/06/31	ALT 1	Líder de Proyecto	1016.6	1111.3	-94.7
8/06/32	ALT 1	Líder de Proyecto	707.4	773.3	-65.9
8/06/33	ALT 1	Líder de Proyecto	904.1	988.3	-84.2
8/06/34	ALT 1	Líder de Proyecto	782.4	855.3	-72.9
8/06/35	ALT 1	Líder de Proyecto	853.2	932.7	-79.5
8/06/36	ALT 1	Líder de Proyecto	292	319.2	-27.2
8/06/37	ALT 1	Líder de Proyecto	831.4	908.8	-77.4
8/06/38	ALT 1	Líder de Proyecto	812.7	888.4	-75.7
8/06/39	ALT 1	Líder de Proyecto	790.3	863.9	-73.6
8/06/40	ALT 1	Líder de Proyecto	526.9	576.0	-49.1
8/06/41	ALT 1	Líder de Proyecto	701.8	767.2	-65.4

Se calculó el tamaño de muestra utilizando la ecuación (1.1), y los datos de la Tabla 5 para realizar el análisis de la variable de respuesta.

**Tabla 6. Cálculo del tamaño de muestra**

<b>Mean</b>	-77.9
<b>Deviation</b>	29.159
<b>Confidence level</b>	90%
<b>Z</b>	1.68
<b>Error</b>	5%
<b>N</b>	158

Se obtuvo un tamaño de muestra de 158 observaciones como se observa en la Tabla 6. Por restricciones del proyecto, como limitación del proceso al sólo poder obtener un dato por día, y limitación de tiempo de duración del mismo, se trabajó con una muestra de tamaño 15. Los datos se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7. Datos de la muestra de la variable de respuesta**

TOMA DE DATOS					
FECHA	RUTA	RESPONSABLE	PESO PDR	PESO PLANTA	DIFERENCIA
23/05/16	ALT 1	Supervisor 1	740	823	-83
24/05/16	ALT 1	Supervisor 1	596	667	-71
25/05/16	ALT 1	Supervisor 1	790	870	-80
27/05/16	ALT 1	Supervisor 2	961.27	964	-2.73
30/05/15	ALT 1	Supervisor 1	384	434	-50
1/06/16	ALT 1	Supervisor 1	526.9	557.5	-30.6
2/06/16	ALT 1	Supervisor 1	728.1	846.5	-118.4
3/06/16	ALT 1	Supervisor 1	587	598	-11
6/06/16	ALT 1	Supervisor 1	730.15	732.5	-2.35
7/06/16	ALT 1	Supervisor 1	476.3	474	2.3
8/06/16	ALT 1	Supervisor 1	338.6	337.5	1.1
9/06/16	ALT 1	Supervisor 1	458	414	44
10/06/16	ALT 1	Supervisor 1	652.3	669	-16.7
13/06/16	ALT 1	Supervisor 1	708.15	710	-1.85

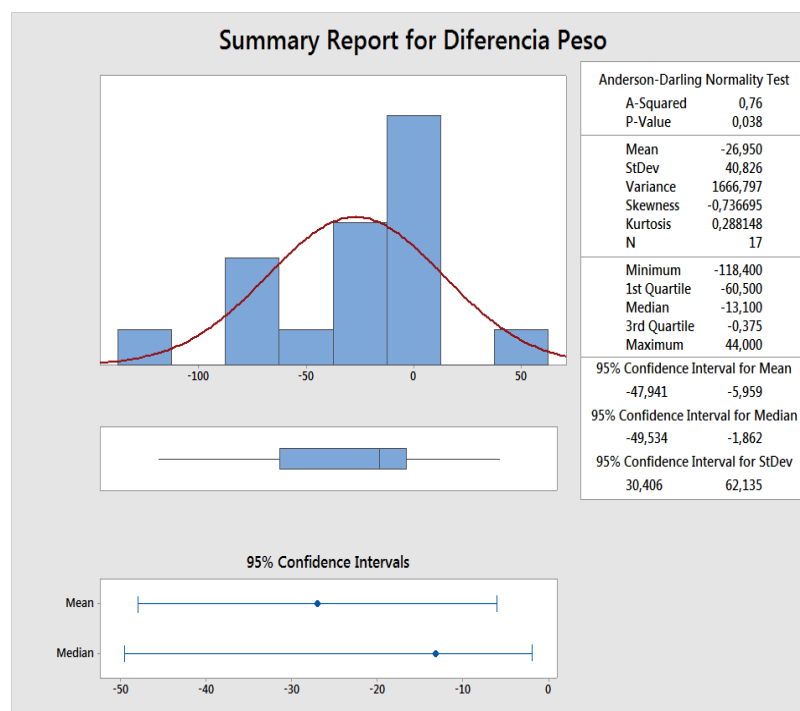
TOMA DE DATOS					
FECHA	RUTA	RESPONSABLE	PESO PDR	PESO PLANTA	DIFERENCIA
14/06/17	ALT 1	Supervisor 1	494.9	508	-13.1
15/06/18	ALT 1	Supervisor 1	588.58	615	-26.42
16/06/19	ALT 1	Supervisor 1	702.6	701	1.6

### 2.3 Analizar

En esta sección se utilizaron diferentes herramientas de análisis para identificar las causas que originaban la diferencia de pesos registrados en el punto de recolección y en planta. Se realizó un análisis estadístico básico con un software, se identificaron puntos claves en las fases del proceso, se trabajó en una lluvia de ideas para identificar causas asignables, realizando la ponderización y luego validación de las mismas, y finalmente, una prueba de repetibilidad y reproducibilidad para el método de medición.

#### Análisis estadístico básico de los datos

Para describir el comportamiento de la variable se ingresaron los datos obtenidos en la etapa de medición en el programa estadístico Minitab.



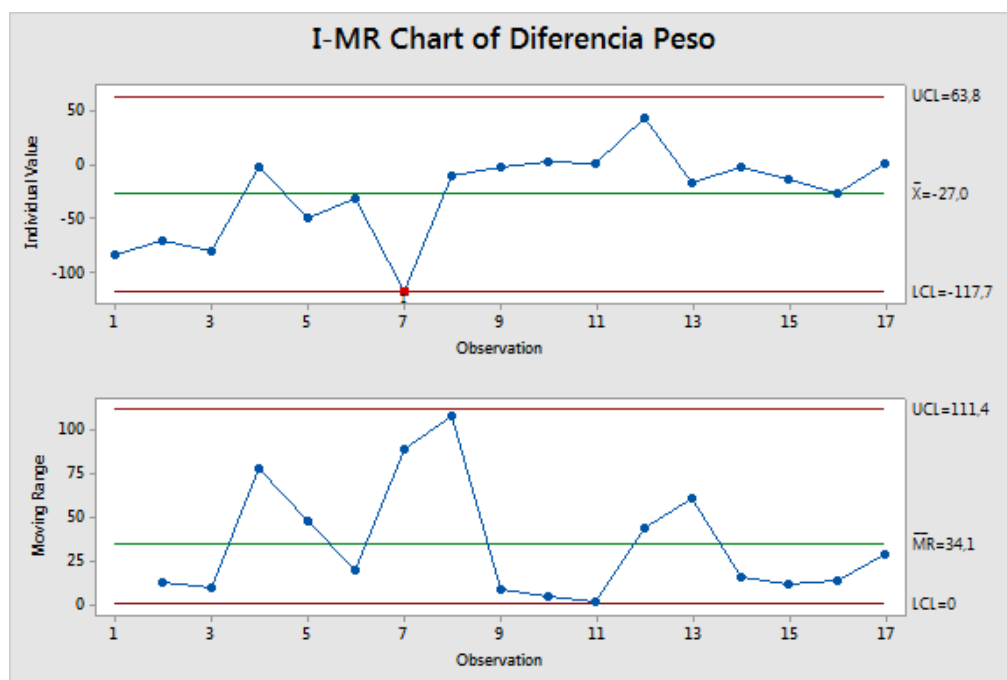
**Figura 2-6. Datos Estadísticos de la variable: Diferencia de Peso.**

La Figura 2-6 muestra el resultado del análisis estadístico básico de los datos donde se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- La media de la diferencia de pesos es -26.95 kg., la cual con un 95% de confianza se encontrará en el intervalo entre -47.9 y -5.9. Estos resultados nos muestran que el peso recolectado en planta en efecto es superior al peso registrado en el punto de recolección (PDR).
- La varianza tiene un valor de 40.8 kg, el cual es un valor mayor que la media. Al calcular el coeficiente de variación se obtiene como resultado 152%, lo que indica que existe una gran variación entre los datos, es decir no existe homogeneidad.
- La prueba de Anderson Darling nos muestra que con un nivel de significancia de 0.05 el valor p de la es 0.013, por lo que se puede concluir que la diferencia



de peso entre los valores registrados en los puntos de recolección y planta no siguen una distribución normal.



**Figura 2-7. Gráfica de Control para la variable: Diferencia de Peso**

La Figura 2-7 es una gráfica de control del proceso. Se observa que existe un punto fuera de los límites de especificación, que representa una causa asignable. Además, se observan varios puntos consecutivos sobre la línea de tendencia central, o media del proceso, por lo que se concluyó que el proceso está fuera de control y que existen causas especiales que deberán ser investigadas.

### **Hallazgos en el proceso**

Con el propósito de tener una mejor visión de la operación de la empresa y así realizar un correcto análisis e investigación de las causas anteriormente mencionadas, se analizaron los procesos operativos. Durante el estudio y verificación de los procesos

hubieron varios hallazgos, los cuales podrían ocasionar fuentes de variabilidad en el proceso y por ende posibles causas que generen un impacto sobre el problema.

Considerando los procesos operativos: Planificación de Rutas de Recolección, Recolección, Transporte de Desechos, Descarga de Desechos en planta, y Tratamiento y Disposición final de desechos, se mencionan los hallazgos evidenciados en cada uno de los procesos:

#### **Proceso de Planificación de Rutas de Recolección**

- Existen 1585 clientes en la base de datos.
- En el sistema SAP se utilizan 14 códigos para ingresar la información de las rutas de Guayaquil pero únicamente cuentan con 9 rutas definidas para la misma ciudad.
- La ruta "Alternativa 1", en promedio, realiza la recolección de desechos a 15 clientes por día.
- Las rutas utilizadas para planificar la recolección diaria de desechos no son fijas. Los clientes asignados a las rutas de recolección varían de un día para otro. Se estimó que en la ruta "Alternativa 1", siendo esta la más variable, en promedio el 25% de los clientes se mantienen en el plan de ruta día a día.

#### **Proceso de Recolección y Transporte de Desechos**

- Los operarios no pesan la misma cantidad de fundas en la balanza, según el tamaño de las fundas y los criterios basados en su experiencia pueden pesar simultáneamente entre 1 a 5 fundas.
- Existen 7 clientes hospitalarios que exigen que se pesen los desechos con sus propias balanzas, de los cuales solo dos han presentado los registros de calibración las balanzas.

### **Descarga de desechos en Planta**

- El 11% de los camiones se pesa al llegar a planta.

### **Tratamiento y Disposición Final**

- Los desechos hospitalarios son almacenados en una bodega donde se mezclan con otros de recolecciones anteriores.
- Los desechos pueden permanecer almacenados en la bodega varios días antes de ser tratados.
- Los desechos se pesan en planta al momento en que van a ser tratados, ya sea en el incinerador o inactivados en el autoclave.

### **Identificación de Causas**

#### Lluvia de ideas

Para determinar las potenciales causas del problema de diferencia de peso, se realizó una reunión con el Jefe de Planta, Jefe de HSEQ y Coordinador de Operaciones para elaborar una lluvia de ideas acerca de las posibles causas que estarían ocasionando el problema a analizar.

#### Diagrama Ishikawa

Con esta información, se elaboró un diagrama de Ishikawa para determinar la relación de las causas asociadas al problema y clasificarlas según las 6 categorías de la herramienta: método, mano de obra, materiales, medio ambiente y máquina. La Figura 2-8 muestra el diagrama de Ishikawa con la clasificación de las causas que surgieron de las lluvia de ideas, en el cual se observó que las ramas Mano de Obra y Método contienen una gran cantidad de causas.

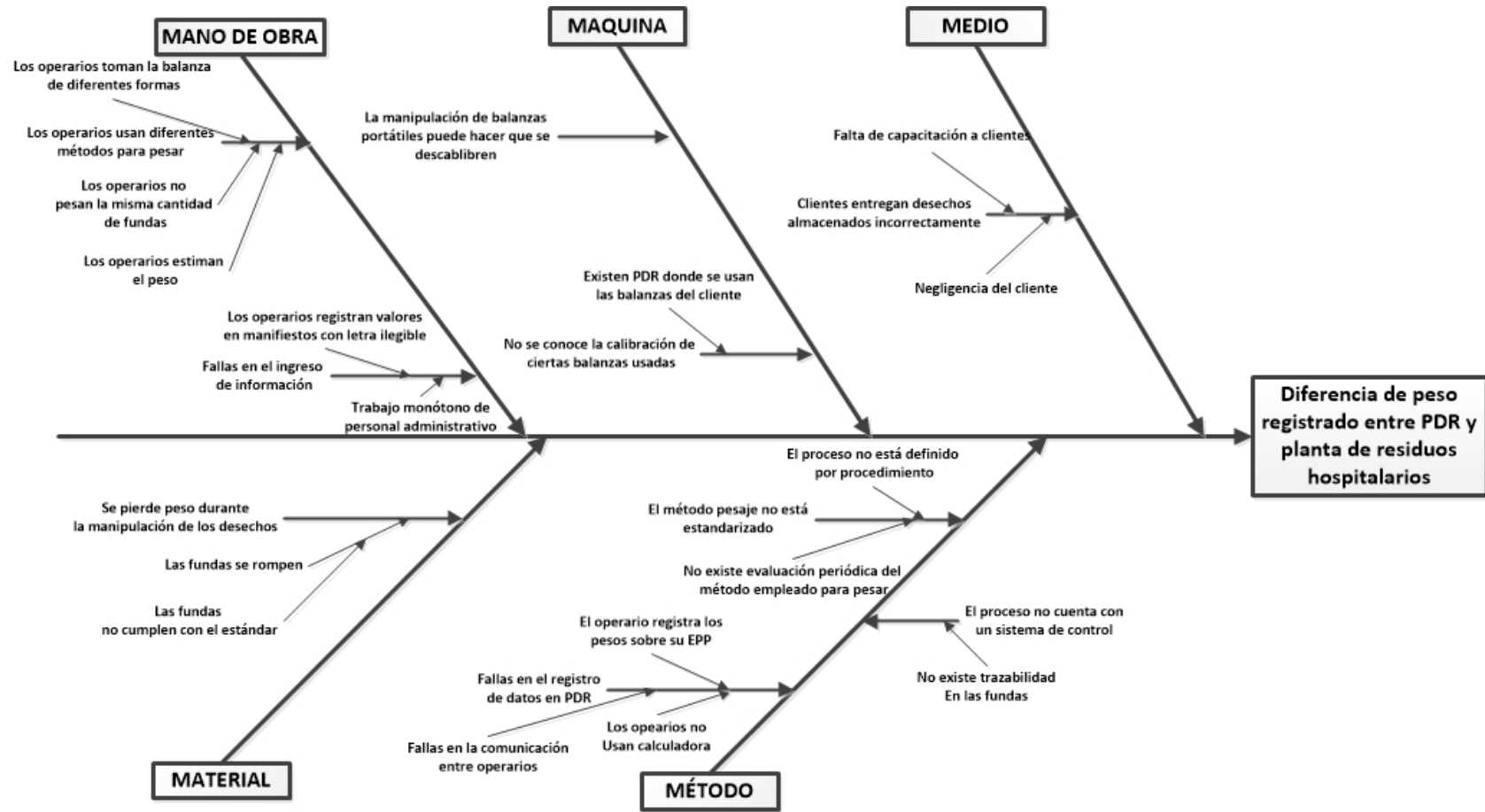


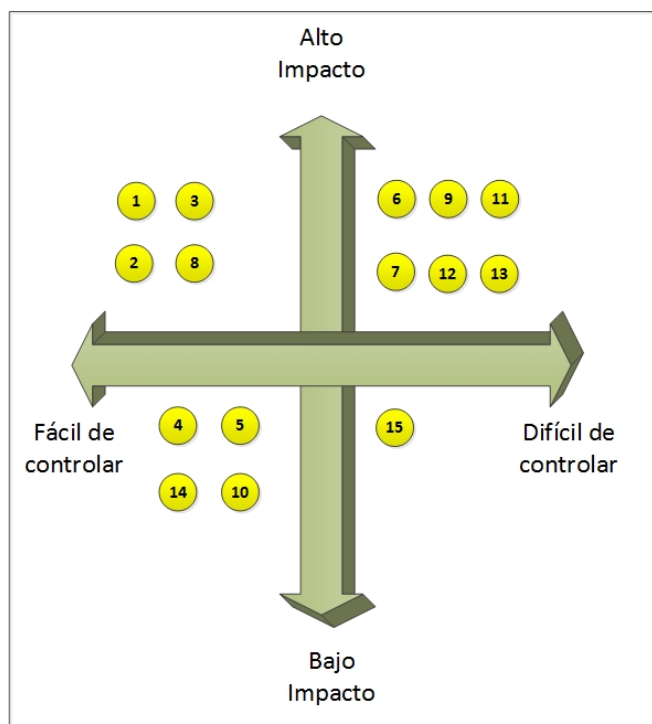
Figura 2-8. Diagrama Ishikawa

### Priorización de causas

Luego de haber identificado y clasificado las posibles causas en el diagrama de Ishikawa, se construyó una matriz de priorización de causas, en donde se clasificaron las causas a base de dos criterios definidos como: impacto y esfuerzo requerido. El criterio impacto que se encuentra en el eje vertical de la matriz supone el grado de influencia que tienen las causas en la ocurrencia del problema. Adicional, el criterio esfuerzo, ubicado en el eje horizontal de la matriz, supone el grado de dificultad para encontrar soluciones que eliminen el problema o reduzca su efecto. La matriz presenta una estructura con cuatro cuadrantes, en donde el superior izquierdo se vuelve de primordial atención.

Las causas del problema presentadas en el diagrama de Ishikawa, que fueron clasificadas en la matriz de priorización mostrada en la Figura 2-9, son las siguientes.

- 1) Los operarios usan las balanzas de diferente forma
- 2) Las fundas de los clientes no cumplen el estándar
- 3) Se realizan pesajes con las balanzas de los clientes
- 4) Operarios escriben con letra ilegible los valores en los manifiestos
- 5) Monotonía en puesto de trabajo administrativo
- 6) Los operarios estiman el peso de las fundas sin pesarlas
- 7) Errores en el ingreso de información al sistema
- 8) Realizan sumas y restas mentalmente (sin usar la calculadora)
- 9) Negligencia de los clientes
- 10) Fallas en la comunicación de los valores entre los operarios
- 11) Falta de trazabilidad en el proceso
- 12) Almacenamiento incorrecto de los desechos entregados por los clientes
- 13) Las fundas se rompen.
- 14) Los operarios registran los valores en su equipo de protección personal
- 15) Descalibración rápida de las balanzas



**Figura 2-9. Matriz de Priorización de Causas**

### Validación de Causas

En esta sección se utilizaron herramientas para corroborar la existencia de las causas. Se buscó validar aquellas que se ubicaron en el primer y segundo cuadrante de la matriz de priorización debido a que representan un alto impacto al problema.

### Caminata Gemba

Por la reducida cantidad de datos que se pueden obtener del proceso, se realizaron Caminatas Gemba para validar las causas, en las cuáles se programaron visitas a la planta y se acompañó a los operarios durante la recolección de desechos para observar el proceso y verificar como se estaba ejecutando en relación a las causas presentadas en la matriz de priorización. En las caminatas Gemba se logró validar lo siguiente:

**Los operarios usan las balanzas de manera distinta.**

En las recolecciones se observó que no existe un método estandarizado para efectuar el pesaje de desechos, los operarios pesan grupos de hasta 5 fundas en los puntos de recolección para agilizar el proceso, esto debido a la gran cantidad de desechos (fundas) que hace que esta tarea tome más del tiempo esperado. Al realizar el pesaje se observó que los operarios toman la balanza de diversas formas, algunos operarios sujetan la balanza del gancho, otros la sujetan del cuerpo y otros la toman desde la base. También se observó que algunos toman la balanza con una mano, extendiendo el brazo y colocándola a la altura de su cabeza, otros la toman con ambas manos colocándola pegada al pecho. Las diversas formas en que toman las balanzas crean errores en las mediciones debido a que generan una fuerza externa que hace que disminuya el peso real de los desechos. Dos ejemplos de esto se muestran en la Figura 2-10.



**Figura 2-10. Operarios mientras realizan tarea de pesaje.**

**Cientes utilizan balanzas propias**

En ciertos puntos de recolección los operarios realizaron el pesaje de los desechos con las balanzas que los clientes poseen en sus instalaciones. Algunos de estos utilizan balanzas romanas, otros usan balanzas de piso, como es el caso del cliente mostrado en la Figura 2-11. El Coordinador del área Comercial nos informó que en

efecto 7 clientes (considerados como generadores medianos) han solicitado que se usen sus balanzas para pesar sus desechos, de estos solo 2 han presentado los registros de calibración de los equipos, por lo que se desconoce el estado y la calibración de las balanzas de los demás.



**Figura 2-11. Balanza utilizada en uno de los PDR.**

#### **Operarios no usan calculadoras para sumar**

En ocasiones los operarios anotan los valores marcados por la balanza en el equipo de protección personal como se aprecia en la Figura 2-12, ya sea en los guantes o en las mangas del uniforme, en donde realizan el cálculo del peso total recolectado sin utilizar la calculadora.



**Figura 2-12. Operador realiza sumas en su equipo de protección**



### **Almacenamiento incorrecto de desechos**

En las recolecciones se observaron desechos almacenados incorrectamente. En ocasiones desechos anatomopatológicos y fluidos eran entregados en fundas, lo que ocasionaba que se derramen y se pierda volumen en las fundas, esto causa además que el trabajo sea más difícil para los operarios tal como se observa en la Figura 2-13. Igualmente los desechos corto punzantes son mal almacenados, se observaron agujas almacenadas en fundas, lo cual aunque no provoque diferencias en los pesos representa un alto riesgo laboral.



**Figura 2-13. Fundas de desechos regando fluidos.**

### **Falta de trazabilidad en el proceso**

Las fundas de todos los clientes de las rutas de recolección se mezclan al ser cargados en los camiones. Luego, cuando el camión es descargado en planta los desechos son enviados a cubículos de almacenamiento temporal, donde nuevamente se entreveran con otros desechos provenientes de las demás rutas que han sido descargados en el mismo día y en días previos. Por esto, al momento de autoclavar o incinerar los desechos se vuelve imposible conocer a qué cliente pertenecen y determinar si existen diferencias entre los valores registrados en los manifiestos y el peso registrado en planta de manera segregada. En la Figura 2-14 se muestra cómo viajan los desechos en el interior del camión.



**Figura 2-14. Desechos pierden trazabilidad en el vehículo.**

### **Las fundas se rompen**

En ciertos PDR se observaron fundas rotas debido al mal estado de la zona de almacenamiento. En ocasiones los operadores ocasionaban que se rompan por la brusca manipulación al momento de cargarlas al camión, tal como se muestra en la Figura 2-15.



**Figura 2-15. Fundas de desechos rotas.**

En la validación de causas se evidenció que existen varios factores (causas) que generan variabilidad en el proceso y que aportan a la existencia del problema analizado, entre estos están la variabilidad que aportan los operarios, el cliente y el equipo de medición utilizado. Es importante determinar el nivel de aportación de cada factor al problema, y así tener un enfoque claro acerca de cuáles causas se deben mitigar primero.

### Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R)

Se realizó un análisis R&R para conocer la repetibilidad y reproducibilidad del sistema y determinar si el sistema de medición es aceptable, y conocer las posibles causas que estén influyendo. Se utilizó el método de promedios y rangos para descomponer el sistema en repetibilidad y reproducibilidad. En primer lugar se definieron la cantidad de instrumentos de medición y operadores a utilizar en el experimento, luego se realizó la toma de datos con los operadores seleccionados y por último se efectuaron los cálculos pertinentes y se analizaron los resultados obtenidos.

### **Desarrollo del Experimento R&R**

Se diseñó un experimento con dos operarios y dos equipos de medición, en donde cada operario registró el peso de 5 muestras con cada equipo. Durante este experimento, no pudieron asegurarse todas las condiciones reales del proceso por restricciones del mismo; para desarrollarlo se pidió la ayuda de los dos operarios una vez que habían terminado su turno de recolección y descarga en planta.

Por lo tanto, este diseño garantizó el método normal de trabajo de los operarios pero no las condiciones normales de un proceso de recolección, en donde intervienen otros factores de variabilidad, como los errores en el registro de información. La Tabla 8 muestra los datos obtenidos.

**Tabla 8. Datos de la prueba R&R**

	BAL 1 (kg)	BAL 2 (kg)
<b>OPE A</b>	11.1	10.9
	10.6	10.8
	10.8	10.9
	10.6	10.9
	10.6	10.9
<b>OPE B</b>	10.9	10.6
	10.8	11
	10.9	10.7
	10.9	10.9
	11	11

Luego de haber procesado estos datos, utilizando las fórmulas 1.2, 1.3 y 1.4 además de las constantes mostradas en el Apéndice A se determinaron los porcentajes de repetibilidad, reproducibilidad y de relación entre ambos.

**Tabla 9. Resultados del análisis R&R**

<b>Repetibilidad</b>	1.10%
<b>%Reproducibilidad</b>	1.41%
<b>%R&amp;r</b>	1.79%

La Tabla 9 muestra los resultados del análisis R&R donde se observa que el sistema de medición es aceptable debido a que el %R&R es menor al 10%, lo que nos indica que el equipo de medición es adecuado para captar la variabilidad del sistema. Por otro lado se observa que el porcentaje de reproducibilidad es mayor al porcentaje de repetibilidad, con esto se puede afirmar que los operadores necesitan un mejor entrenamiento en el uso del equipo de medición, ya sea al manipular el instrumento o en la toma y lectura de datos.

## **2.4 Mejorar**

En esta sección del proyecto se lograron sugerir soluciones que logren reducir el impacto de las causas previamente determinadas a través de una lluvia de ideas para soluciones, ponderización de las mismas, elaboración de un plan de implementación, y la puesta en marcha de algunos puntos de este plan.

### **Lluvia de ideas para soluciones**

Se realizó una lluvia de ideas con los dueños de procesos (planta, operaciones y gestión de HSEQ) con el objetivo de definir una lista de soluciones para las causas previamente definidas. La metodología fue a través de conversaciones, donde se plantearon diferentes escenarios y se buscaron soluciones que permitan mejorar el proceso en cada una de ellas. A continuación se muestran las ideas que surgieron:

- Balanza de piso para camión en planta
- Balanza de piso portátil para usar en los PDR
- Código de barras en las fundas
- Plan de capacitación en uso de las balanzas
- Sistema de control
- Cambio en la política de servicio
- Seccionamiento en los camiones por cliente
- Contenerización de los desechos
- Asignar supervisores a las rutas
- Adicionar un sistema de tickets de pesaje
- Dar balanzas a los clientes

### **Relación de soluciones con causas**

Se construyó una matriz donde se observa una relación de uno a uno entre las ideas generadas de la lluvia de ideas con todas las causas validadas que afectan al proceso. La matriz se elaboró llenando las casillas cuando la posible solución permita reducir o eliminar el efecto de la causa.

Tabla 10. Matriz de relación entre causas y soluciones

SOLUCIONES/CAUSAS	Operarios usan las balanzas de diferente forma.	Los clientes usan sus propias balanzas	Realizan sumas y restas mentalmente (sin usar la calculadora)	No hay trazabilidad en el proceso	Almacenamiento incorrecto de los desechos de los clientes	Las fundas se rompen o se derraman
Balanza de piso en planta				X		
Balanza de piso portátil en PDR	X	X	X			
Sistema de códigos de barra				X		
Planes de Capacitación	X		X			
Cambio en la política de servicio					X	X
Implementación del Sistema de Control				X		
Seccionamiento del camión por clientes				X		
Dar una balanza a cada cliente		X				
Conteinerización de desechos por cajones				X		
Sistema de ticket de pesaje				X		
Asignar supervisores a las rutas	X		X			

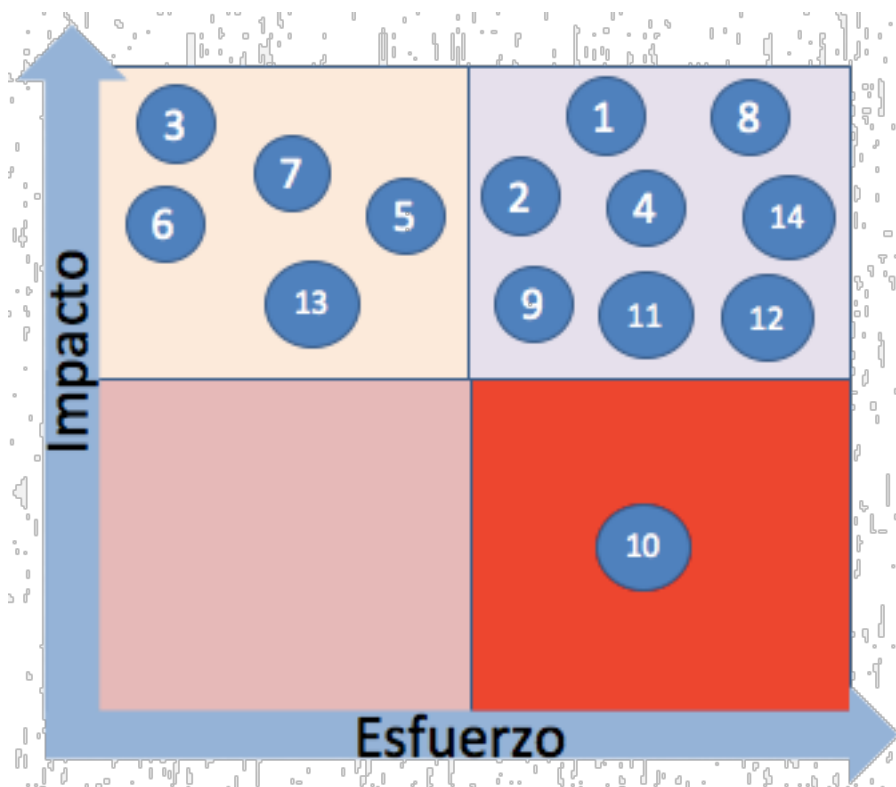
En la Tabla 10 se observa que existen soluciones que atacan varios problemas, estas soluciones se consideran importantes y se consideraron posteriormente en la elaboración de propuestas de mejora.

### **Priorización de las soluciones**

Se elaboró una matriz de priorización de soluciones, en donde se clasificaron a base de dos criterios: impacto y esfuerzo. El primero hace referencia al nivel de contribución de la posible solución al problema, para este criterio se tomó en cuenta los resultados obtenidos de la matriz de relación causa-solución, el segundo se refiere a la cantidad de recursos necesarios para poder implementarlo, estos pueden ser materiales, humanos y monetarios. La Tabla 11 muestra el listado numerado de soluciones a ser clasificadas en la matriz, en donde se presentan las ideas generadas en la lluvia de ideas. La solución 'Cambio en la política de servicio' se logró plasmar de dos maneras distintas.

**Tabla 11. Lista de Posibles soluciones**

No	Soluciones
1	Balanza piso para camiones en planta.
2	Cambiar balanzas para PDR.
3	Plan de capacitación para uso de balanzas.
4	Sistema de impresión de tickets de pesaje.
5	Sistema de control: cartas de control (software).
6	Cambio en la política de recolección.
7	Sistema de control: cartas de control (excel).
8	Seccionamiento de camiones.
9	Sistema de código de barras: etiquetado funda a funda.
10	Darle a todos los clientes balanza.
11	Asignar un supervisor de ruta para cada camión.
12	Cambio en la política de recepción de desechos (rotulados).
13	Cambio en la política de pesaje: el cliente no usará sus balanzas.
14	Conteinerización de desechos.



**Figura 2-16. Matriz de Ponderación de Soluciones**

En la figura 2-16 se observa que los dos cuadrantes superiores abarcan un mayor número de soluciones. Para el desarrollo de este proyecto se decidió considerar únicamente las soluciones que tengan un alto impacto debido a la necesidad de la empresa de eliminar el problema. Sin embargo algunas opciones (8, 9, 11, 14) fueron descartadas debido a que no son alcanzables.



### **Propuestas de Mejora**

Se crearon 3 propuestas de mejora combinando las soluciones elegidas a partir de la matriz de priorización para soluciones. A continuación se presentan las propuestas.

#### **Propuesta A**

La primera propuesta abarca las siguientes implementaciones (ver Tabla 12):

- Balanza de piso en planta
- Plan de capacitación en uso de balanzas
- Sistema de control
- Cambio en la política de servicio

#### **Justificación**

Esta propuesta es la más sencilla y representa menor inversión, como primer punto sugiere modificar la política de servicio de recolección, al definir que los desechos que se encuentren mal almacenados no serán recolectados, además considera el diseño e implementación de un plan de capacitación para que los operarios aprendan a usar correctamente las balanzas actualmente utilizadas en el proceso de recolección y transporte de desechos, con esto reducir los errores causados por el uso inapropiado de los equipos de medición. Esta propuesta también contempla la adquisición de una balanza de piso en planta para pesar los camiones que llegan al finalizar su ruta de recolección y por último establecer un sistema de control, el cual consista en comparar el peso de cada camiones obtenidos en planta con los valores de los manifiestos, establecer límites de control para el proceso, y monitorear los resultados en hojas de excel.

Tabla 12. Plan de implementación Propuesta A

PLAN	No	QUÉ?	POR QUÉ?	DÓNDE?	QUIÉN?	CÓMO?	CUÁNTO?
A	1	Implementar balanza de piso en Planta.	-Pesar todos los camiones al momento de su descarga. -Poder tener un control sobre los pesos de los camiones.	Planta	Jefe de Planta	Se adquirirá una balanza de piso. Modelo: Centronic-Sax. Es una balanza de eje, se la coloca en el piso. Los camiones pasarán sobre ella y se registrarán sus pesos.	Aprox \$8000
	2	Plan de Capacitación para los operarios de recolección: uso de balanzas.	-Reducir el error en la tarea de pesaje causado por la mala práctica de los trabajadores.	Edificio Matriz	Jefe de HSEQ	Diseñando un plan de capacitación dirigido a los operarios de recolección.	Tiempo de los operarios de recolección y tiempo de la persona encargada: 1 hora
	3	Establecer política: no se aceptarán desechos mal almacenados de acuerdo a requerimientos legales.	Reducir la variación de peso causada por el mal almacenamiento de desechos ej: ruptura de fundas.	Contratos con clientes	Gerencia General	Estableciendo la política en todos los contratos con los clientes.	Reestructuración de contratos
	4	Implementar Sistema de Control: carta de control en excel.	Identificar fácilmente cuando existe diferencia significativa entre el peso cobrado al cliente vs. el peso real recolectado.	En el macroproceso operativo de recolección y transporte de desechos y en el tratamiento y disposición final.	Jefe de Operaciones/Jefe de Planta	Estableciendo cartas de control en excel (con parámetros previamente establecidos) que permita ingresar los pesos que los operarios de recolección reporten en una hoja resumen en planta (al final de su ruta) e ingresando el peso que la balanza de piso de planta registre. En la carta se mostrará como variable la diferencia entre estos valores .	Tiempo en ingreso de información

## **Propuesta B**

La primera propuesta abarca las siguientes implementaciones:

- Balanza de piso en planta
- Cambio en política de recolección
- Aplicativo móvil
- Sistema de control
- Cambio en la política de servicio

El plan de implementación detallado para esta propuesta se muestra en el Apéndice B.

## **Justificación**

Esta propuesta se elaboró pensando en alcanzar las mejores prácticas mundiales en temas de gestión ambiental, por lo que su objetivo principal consiste en concientizar a los clientes para eliminar las malas prácticas que mantienen a través de una nueva política de servicio. La política propuesta exige que los desechos que se entreguen deben estar correctamente almacenados, rotulados y pesados. Además la propuesta consiste en adquirir tablets para los camiones que realicen rutas hospitalarias, con la finalidad de implementar un aplicativo móvil mediante el cual los operarios podrán enviar en tiempo real los valores de los pesos que vayan registrando en los manifiestos. Además considera una balanza de piso en planta para pesar los camiones que lleguen luego de una recolección y un sistema de control que consista en establecer límites máximos permitidos de variación. El sistema así definido permitirá identificar diferencias significativas entre los valores a través del monitoreo constante de las diferencias de pesos obtenidos en planta y de los manifiestos.

### **Propuesta C**

La tercera propuesta abarca las siguientes implementaciones:

- Balanza de piso para camiones en Planta
- Balanzas de piso pequeñas en PDR
- Sistema de impresión de tickets de pesaje.
- Sistema de Control
- Plan de Capacitación para operarios: uso de nuevas balanzas

El plan de implementación detallado para esta propuesta se muestra en el Apéndice C.

### **Justificación**

Esta propuesta tiene por objetivo establecer un sistema de control para el proceso, en donde utilizando la suma total de los pesos registrados en los puntos de recolección y el peso registrado en planta, se obtenga una diferencia porcentual entre estos valores y se determine si el camión se encuentra dentro de límites máximos permisibles de diferencia, los cuales se establecerán en conjunto con Gerencia. Los vehículos de recolección contarán con balanzas de piso portátiles para abarcar mayor número de fundas durante el pesaje, eliminando la intervención de los operarios. Las balanzas contarán con un sistema de impresión de ticket de pesaje, con el cual se imprimirá el peso marcado para cada cliente, logrando así mayor control sobre esta variable. Estos valores se enviarán en tiempo real al Sistema de Control que se tenga en planta. Utilizando una balanza de piso, se pesarán todos los camiones una vez que hayan terminado su ruta e ingresado a planta. Se contará con un software de control en Planta, donde llegarán en tiempo real los pesos registrados por la balanza de piso, y los pesos enviados desde los puntos de recolección con los dispositivos anteriormente mencionados. El sistema tendrá además una política de control que establezca que cuando se observe una diferencia significativa entre ambos valores

se investigarán las razones que causaron esta diferencia. Por último, se elaborará y ejecutará un plan de capacitación para los operarios de recolección sobre el uso de las nuevas balanzas.

### **Priorización de los Planes de Implementación**

Para determinar el mejor plan se elaboró una matriz de priorización, en la cual se evaluó a cada uno según 5 criterios establecidos por lo líderes de proyecto. Para cada uno de los criterios se definieron valores del 1 al 3 para clasificar los planes, en donde 1 se le dió menos significativo y 3 al más significativo.

- **Complejidad:** Qué tan fácil o difícil es lograr la implementación.
- **Rápido:** Nivel de rapidez en período de tiempo en que el plan puede ser implementado a cabalidad.
- **Costo:** Valor económico estimado para cada plan
- **Impacto:** Posible efecto del plan para reducir el problema de diferencia de pesos.
- **Opinión del cliente:** Preferencia de la gerencia y dueños de los procesos por las ideas de cada plan.

Los criterios fueron presentados al Jefe de Operaciones, con quién se definieron los valores de ponderación para cada criterio, y con esto obtener los resultados. Se concluyó que los criterios impacto tendrían la ponderación más alta debido a que representan una prioridad para la empresa.

**Tabla 13. Calificación para Calificaciones**

PLAN	Más fácil	Más rápido	Alto impacto	Bajo costo	Opinón del cliente	Total
	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	
A	3	3	1	3	2	2.2
B	1	1	2	2	1	1.6
C	2	2	3	1	3	2.2

La Tabla 13 muestra los resultados de la priorización de los planes, en donde se evidenció que:

- El plan B obtuvo la menor puntuación por tratarse de una propuesta ideal, ya que tomará mucho tiempo lograr que los generadores del país sean realmente conscientes de la importancia de un manejo ambiental eficiente.
- Los planes A y C obtuvieron el mismo resultado en la matriz de ponderación, pero se seleccionó el plan C debido a que su implementación posee una mayor probabilidad de reducir el problema por el que está pasando la empresa, además dos de las soluciones incluidas en este representan una prioridad para la empresa.

### **Análisis Costo Beneficio**

Para realizar el análisis costo beneficio en primer lugar se estimaron los costos de las soluciones que contempla el plan ganador. Los precios fueron cotizados en empresas ecuatorianas y extranjeras y se muestran en la Tabla 14.

**Tabla 14. Costo de implementación del Plan Ganador**

PLAN C				
#	IMPROVEMENT	COST UNIT	Q	COSTO TOTAL
1	Balanza de camiones	\$ 15,000.00	1	\$ 15,000.00
2	Adecuación del suelo en planta	\$ 5,000.00	-	\$ 5,000.00
2	Nuevas balanzas para PDR	\$ 800	7	\$ 5,600.00
3	Impresoras de ticket	\$ 430.00	7	\$ 3,010.00
5	Sistema de Control: Programador de Software	\$ 1,000.00	1	\$ 1,000.00
TOTAL				<b>\$ 29,610.00</b>

Se plantearon diferentes escenarios para estimar los beneficios monetarios de la implementación del plan, debido a que no es posible conocer con exactitud el ingreso que representará el plan. Se establecieron 3 escenarios (bueno, aceptable y no

deseable) como se observa en la Tabla 15. Cada escenario contiene un porcentaje de reducción de diferencia de pesos, en donde se asume que dicho valor representará un aumento directo en las ventas de la empresa.

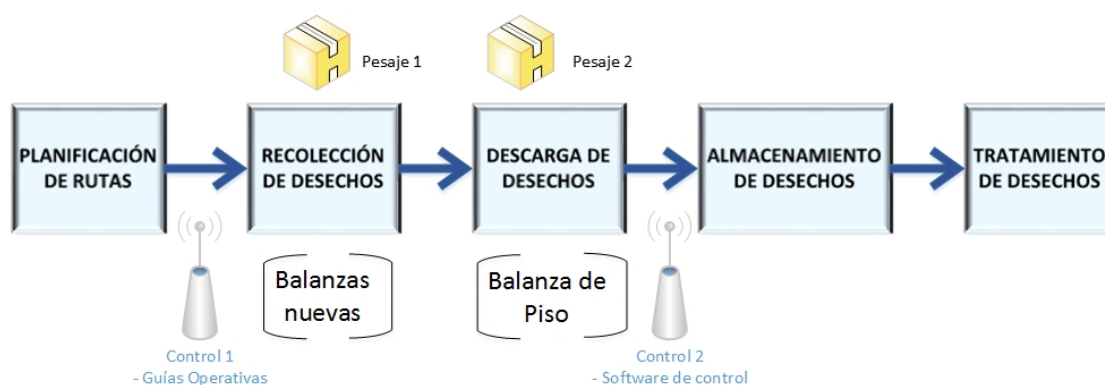
- a) Escenario Bueno: reducción del problema en un 60%.
- b) Escenario Aceptable: reducción del problema en un 30%.
- c) Escenario Malo: reducción del problema en un 10%.

Se consideró un 20% de incremento en el costo total definido previamente por otros costos e impuestos no considerados.

**Tabla 15. Utilidades de los posibles escenarios**

ESCENARIO	MALO	ACEPTABLE	BUENO
REDUCCIÓN EN LA VARIABLE	10%	30%	60%
INVERSIÓN	\$29,610.00	\$29,610.00	\$29,610.00
INGRESO	\$60,000.00	\$180,000.00	\$360,000.00
UTILIDAD ESPERADA	\$30,390.00	\$150,390.00	\$330,390.00

De acuerdo a estas soluciones planteadas, el diseño final del proceso considerando las mejoras quedaría como se muestra en la Figura 2-17.



**Figura 2-17. Rediseño del proceso operativo de la empresa.**

### **Implementar plan ganador**

Luego de haber presentado el plan de implementación ganador a la empresa, la alta dirección indicó que la adquisición de nuevas balanzas, para planta y para los vehículos, sería una implementación que se realizará luego de varios meses. Por este motivo, no fue posible implementar todo el plan propuesto.

En esta etapa se lograron realizar dos actividades:

- Simulación del cambio de balanzas
- Implementación de mejoras temporales

### **Simulación del cambio de balanzas**

Con la finalidad de demostrar la reducción en la variable, se realizó una simulación del pesaje contrastando el método actual con otro que elimine la intervención de los operadores al cambiar las balanzas.

Para esto, se alquiló una balanza de plataforma de 60 x 50 cm., procurando que esté correctamente calibrada (se solicitó el certificado de calibración al proveedor) y se la llevó a las instalaciones de la Planta.

Se tomaron 6 grupos distintos de fundas de desechos hospitalarios y se solicitó a 6 operarios distintos que pesen cada uno un grupo completo de fundas de la manera que usualmente lo hacen en los puntos de recolección (a veces de una a una, o a veces tomando 2, 3 o hasta 4 fundas a la vez), primero con la balanza portátil que se usa en el proceso y luego usando la balanza de plataforma alquilada.

La Tabla 16 muestra los datos registrados de este experimento para 1 de las muestras. Se evidenció que existen diferencias al pesar una misma cantidad de fundas con las dos balanzas. Los resultados de las otras muestras se encuentran en los Apéndice D.



**Tabla 16. Valores obtenidos una muestra de la simulación**

<b>MUESTRA 1</b>		
<b>#</b>	<b>BALANZAS PEQUEÑAS (kg)</b>	<b>BALANZA 60X50 (kg)</b>
1	11.5	11.7
2	12.2	12.2
3	7.7	7.7
4	8.4	8.4
5	9.1	9.25
6	8.6	8.75
7	11.8	12.15
8	10.4	10.35
9	8.2	8.15
10	6.8	6.75
11	12.9	12.8
12	7.9	9.75
13	5.4	5.4
14	7	7.05
15	5.6	5.75
16	6.9	7
<b>TOTAL</b>	<b>140.4</b>	<b>143.15</b>

Para este ejercicio los encargados de la toma de datos fueron los líderes de proyecto como se muestra en las Figura 2-18, a quienes la empresa proporcionó los EPP necesarios para poder acceder a la planta.



**Figura 2-18. Líderes de proyecto tomando datos durante la simulación.**

#### Implementación de mejora temporal

Ya que no se pudieron adquirir las nuevas balanzas durante el tiempo del proyecto, se realizó una implementación temporal a fin de reducir la variable de respuesta analizada en el proceso.

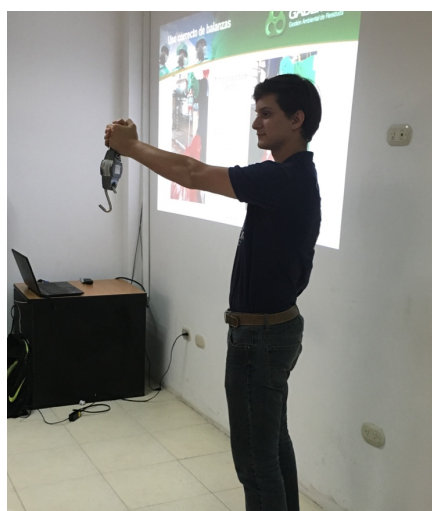
*Capacitar a los operarios para la tarea de pesaje.*

De acuerdo al análisis de causas que se realizó en una de las secciones anteriores, se logró identificar que el método de pasaje que emplean los operarios en el proceso de recolección no está estandarizado. Debido a esto, se decidió establecer un plan de capacitación para los operarios de recolección sobre el uso de las balanzas.

Para esto, se citó a dos grupos de operarios en diferentes horarios: el primer grupo se capacitó una hora antes del inicio de su jornada y el segundo grupo fue capacitado luego de una charla que recibieron los operarios sobre el uso de sus equipos de protección personal, como se observa en las Figuras 2-18 y 2-19 .



**Figura 2-19. Capacitación al primer grupo de operarios.**



**Figura 2-20. Explicación del uso correcto de la balanza.**

En la capacitación se explicó:

- Las partes de la balanza: para una mejor identificación y explicación del material a mostrar.
- El uso actual de las balanzas: explicando los hallazgos durante la etapa de medición del proceso y los diferentes métodos que se lograron presenciar en recorridos que realizaron los líderes de proyecto junto a los operarios.
- Los problemas que pueden presentarse debido al mal uso: problemas ergonómicos y fallas en el ingreso de información.
- El método correcto de pesaje: mostrando a los operarios la manera correcta en que se debe tomar la balanza, el peso máximo permitido para cada medición y haciendo hincapié en el tiempo que deben esperar para lograr que se estabilice cada medición.
- La correcta manipulación que debe darse a los equipos: uno de los hallazgos durante los recorridos en las rutas, fue la inadecuada manipulación de las balanzas, notando muchas veces cómo los operarios las lanzan unos a otros o las botan de forma brusca al piso del camión. En este punto, se buscó concientizar a los operadores en el cuidado que debe darse a los equipos para evitar que pierdan su calibración.

El plan de capacitación elaborado se encuentra en el Apéndice E.

## **2.5 Controlar**

Luego de haber realizado la capacitación mencionada en la sección anterior, como medida temporal hasta que se puedan adquirir las nuevas balanzas, se decidió además establecer un control visual, para lo cual se elaboraron guías operativas.

### **Controles visuales**

Con la finalidad de lograr que el método de pesaje se estandarice y que la capacitación que se dio a los operarios sea más efectiva, se decidió elaborar 2 tipos de guías operativas: una para la manipulación de las fundas de desechos hospitalarios, y otra para el pesaje de las fundas de desechos hospitalarios.

Se estableció junto al Jefe de HSEQ el formato para estos documentos, buscando elaborar las guías para que sean efectivas en su propósito y sencillas de manera que los operarios las comprendan fácilmente.

Estas dos guías operativas se colocaron en los vestidores de los operadores y en la cartelera de la empresa, como se observa en la Figura 2-20. Con esto cada día previo a las recolecciones los operadores pueden tener presente las explicaciones recibidas en la capacitación. Las guías se encuentran en los Apéndices F y G.

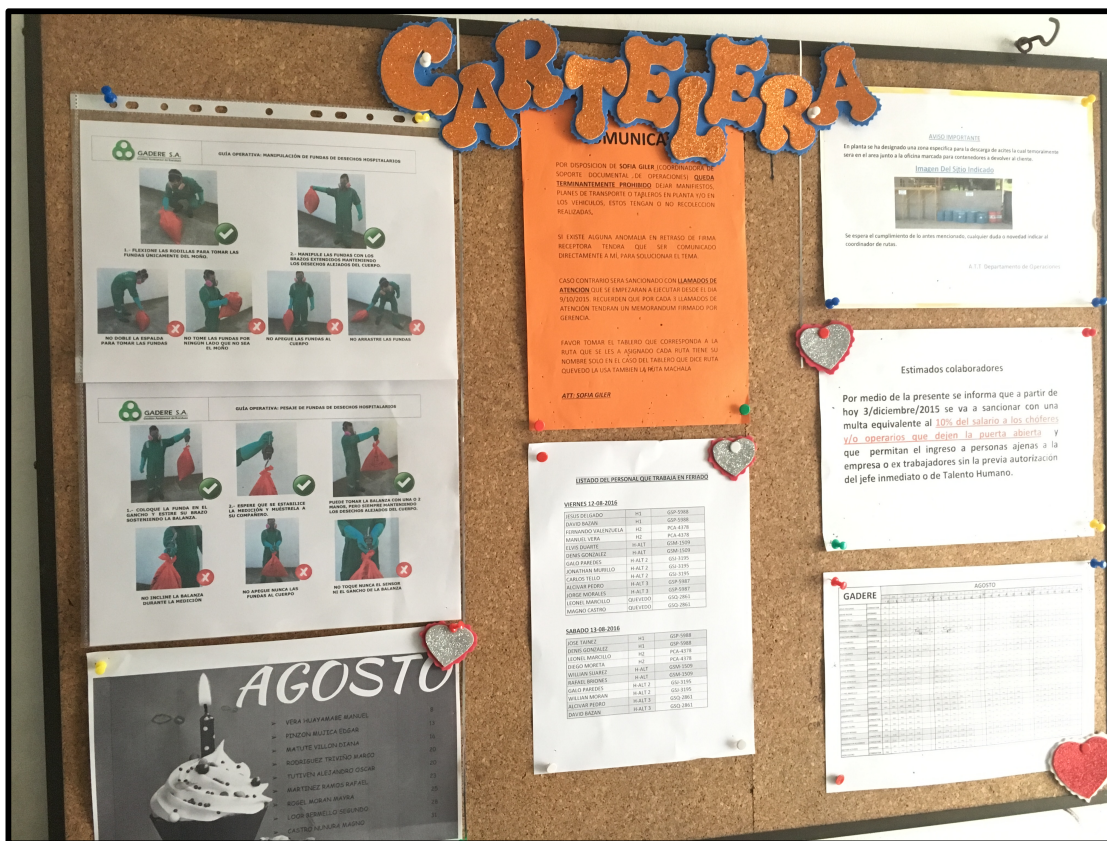


Figura 2-21. Guías operativas colocadas en cartelera.

# CAPÍTULO 3

## 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección se realizó un análisis estadístico a los datos obtenidos de la simulación a fin de verificar si la solución propuesta a la empresa contribuiría al proceso de recolección de desechos y a su vez conocer los ahorros que generaría a la empresa.

### Comparación de los resultados

En primera instancia se consolidaron en una sola hoja de datos las 6 muestras que se obtuvieron en la simulación descrita en la sección anterior, como se muestra en el Apéndice F. Se elaboró un diagrama de cajas para comparar los valores de las columnas “Balanza Actual” y “Balanza Propuesta” como se muestra en la Figura 3-1. El diagrama de cajas no mostró diferencias apreciables, los valores de la media, mediana y cuartiles son similares, por lo que fue necesario realizar una prueba de hipótesis para medias pareadas.

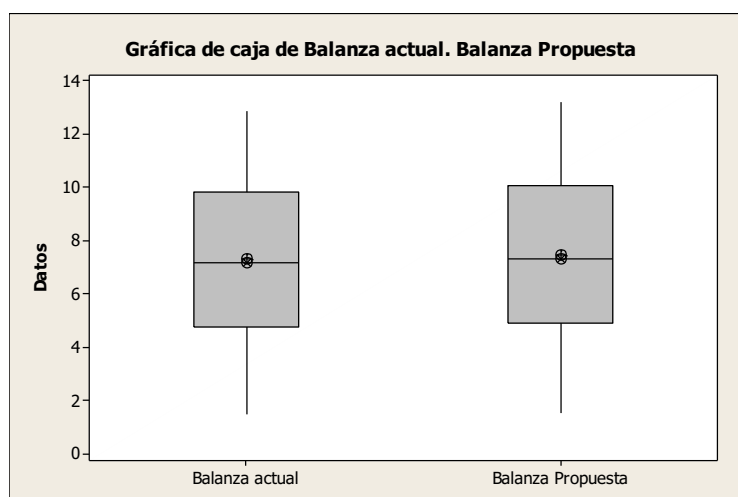


Figura 3-1. Diagrama de cajas de los datos

## Prueba de Hipótesis

Con el objetivo de conocer si existen diferencias significativas entre los datos obtenidos de la simulación se realizó una prueba de hipótesis para medias pareadas, debido a que las mismas muestras fueron pesadas con dos instrumentos de medición.

La prueba de hipótesis se trabajó con el parámetro definido como  $D^*$ :  $X-Y$ , donde la variable  $X$  representa los valores registrados con la balanza normal del proceso, por otro lado la variable  $Y$  son los pesos registrados con el tipo de balanza propuesta.

Se definió el siguiente contraste de hipótesis:

$$H_0: D^* = 0$$

vs

$$H_1: D^* < 0$$

Con el fin de demostrar que una variable es mayor que la otra, se definió la hipótesis nula, la cual se deseaba demostrar, con el símbolo menor que. En cambio para la hipótesis nula se utilizó el símbolo de igual, que de no ser rechazada indicaría que ambos valores obtenidos en el experimento fueron iguales.

Los valores del Apéndice H se ingresaron en el programa Minitab para realizar el contraste de hipótesis. Se utilizó un valor alfa de rechazo del 5%.



T pareada para Antes (x) - Después (Y)				
	N	Media	Desv.Est.	Media del Error estándar
Antes (x)	97	7,356	3,094	0,314
Después (Y)	97	7,460	3,145	0,319
Diferencia	97	-0,1046	0,2413	0,0245

Límite superior 95% para la diferencia de la media: -0,0639  
Prueba t de diferencia media = 0 (vs. < 0): Valor T = -4,27 Valor P = 0,000

**Figura 3-2. Resultados de la prueba de hipótesis**

Los resultados obtenidos del programa se observan en la Figura 3-2. El valor P de la prueba es menor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula en favor de la alterna. Este argumento se corroboró comparando los estadísticos de prueba; al ser -4.27 menor al valor -0.067, el primero cae en la zona de rechazo. Debido a lo anterior se puede concluir que existe una diferencia significativa entre los valores del proceso obtenidos con y sin la intervención de los operadores.

### **Estimación del ahorro**

Para calcular el ahorro que representaría un cambio en las balanzas actuales, se utilizaron los datos obtenidos de la simulación, los cuales se encuentran en el Apéndice H y la información de recolección de desechos hospitalarios del año 2015 de la Tabla 2.

Se calculó el promedio para las diferencias entre el total de peso captado por la balanza actual, y el peso total captado por la balanza nueva, de las 6 muestras tomadas durante la simulación como se observa en la Tabla 17.

**Tabla 17. Promedio de la diferencia de los pesos de las muestras**

PRUEBA	DIFERENCIA (Kg)
1	1.3
2	2.25
3	0.75
4	0.05
5	3.05
6	2.75
<b>PROMEDIO</b>	1.7

Luego, se calculó el promedio de los pesos registrados en cada una de las muestras como se observa en la Tabla 18.

**Tabla 18. Promedio total de las muestras**

PRUEBA	TOTAL (Kg)
1	103
2	110.3
3	73
4	148.2
5	138.6
6	140.4
<b>PROMEDIO</b>	119

Con la información de las Tabla 17 y Tabla 18 se determinó que aproximadamente por cada 119 kg registrados actualmente, se está perdiendo 1.7 kg en promedio. Con esta relación se estimó la cantidad total no registrada de desechos hospitalarios en el 2015, la cual representa una reducción de 6.4% en la variable de respuesta. Este valor fue traducido a dólares utilizando el precio promedio por kilo para desechos hospitalarios (1.2 \$/kg), proporcionado por el departamento comercial de la empresa, como se muestra en la Tabla 19.

**Tabla 19. Beneficio estimado del cambio de balanzas**

<b>Total Recolectado 2015 (kg)</b>	2,440,646
<b>Total No registrado (kg)</b>	34,866
<b>Beneficio esperado (\$)</b>	41,840.00

Para el primer año, deberá considerarse la inversión que representaría la compra de las nuevas balanzas (\$ 5,600.00), por esto el beneficio esperado para el primer año será de \$ 36,240.00.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Se logró reducir en un 6.4% la diferencia de pesos mediante una simulación del rediseño del proceso de pesaje, utilizando balanzas que eliminen la variabilidad causada por los operadores, la cual representa un beneficio anual aproximado de \$ 41,840.00.
2. Se capacitó a los operarios en el uso de las balanzas actuales como medida temporal hasta que se puedan adquirir los nuevos equipos. Se elaboraron guías operacionales como control visual con la finalidad de reducir la variabilidad que el operario causa en el proceso.

### Recomendaciones

1. Establecer un sistema de control en el proceso con el objetivo de relacionar el peso de los desechos registrados en los PDR con el peso de los mismos registrados en planta.
2. Instalar una balanza de piso en la planta para pesar los camiones luego de las recolecciones y adquirir nuevas balanzas para las rutas de recolección hospitalaria para eliminar la variación causada por los operadores durante el pesaje de desechos.
3. Realizar un diseño experimental para conocer otros factores que afecten a la variable y en qué magnitud.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. D. Muriel, «Gestión Ambiental,» *Ideas Sostenibles*, Enero 2006.
- [2] M. d. C. M. Solé, *España, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales*, Barcelona.
- [3] X. Elías, «Naturaleza y Caracterización de los residuos Hospitalarios».
- [4] H. G. Pulido, *Calidad Total y Productividad*, Tercera Edición ed., México D.F.: Mc Graw Hill, 2010.
- [5] J. Ramonet, *Análisis y Diseño de Procesos empresariales*, Valparaíso: [www.jramonet.com](http://www.jramonet.com), 2013.
- [6] J. Compton, «The magazine,» 03 2014. [En línea]. Available: <http://ci.printing.org/wp-content/uploads/2014/10/Compton-Walking-the-Gemba.pdf>. [Último acceso: 15 06 2016].
- [7] W. L. B. D. C. W. T. E. V. F. Robert Jacobs, *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*, Sixth Edition ed., New York City: Mc Graw Hill, 2011.
- [8] «Matriz de Priorización,» [En línea]. Available: <http://www.aiteco.com/matriz-de-priorizacion>.
- [9] «5W+2H, Técnica de Análisis de Problemas,» 20 Enero 2014. [En línea]. Available: <http://www.fcojesuslopez.es/coningenio/5w2h-tecnica-de-analisis-de-problemas>.
- [10] M. & M. Asociados, «Aplicación Metrológica de los Estudios R&R,» *La Guía*, pp. 1-4, 2003.

- [11] L. R. Ojeda, Probabilidad y Estadística Básica para Ingenieros, Guayaquil, 2007.
- [12] M. R. Noriega, «Aplicación de la Ley de Gestión Ambiental en los pequeños Municipios del Ecuador - El caso del Cantón Pedro Vicente Maldonado Provincia de Pinchincha,» Quito, 2011.
- [13] Y. H. H. I. N. K. I. M. S. S. Y. Y. Byu Fukui, Manual de Administración de la Calidad Total y Círculos de Control de Calidad, vol. II, 2003.

# APÉNDICES

## APÉNDICE A

Tabla de constantes para el análisis R&R

Constantes para el análisis R&R				
<b>Número de ensayos</b>	2	3	4	5
<b>K1</b>	4.56	3.05	2.5	2.21
<b>Número de operadores</b>	2	3	4	5
<b>K2</b>	3.65	2.7	2.3	2.08



## APÉNDICE B

### Plan de Implementación de la propuesta B

PLAN	No	QUÉ?	POR QUÉ?	DÓNDE?	QUIÉN?	CÓMO?	CUÁNTO?
C	1	Implementar balanza de piso en Planta.	-Pesar todos los camiones al momento de su descarga -Poder tener un control sobre los pesos de los camiones.	Planta	Jefe de Planta	Se adquirirá una balanza de piso. Modelo: Centronic-Sax. Es una balanza de eje, se la coloca en el piso. Los camiones pasarán sobre ella y se registrarán sus pesos.	Aprox \$8000
	2	Establecer política: los desechos serán recibidos únicamente rotulados y pesados.	-Reducir el tiempo empleado en la tarea de pesaje. -Otorgar trazabilidad al proceso. -Buscar el 'best practice' (desechos industriales).	Contratos con clientes	Gerencia General	Estableciendo la política en todos los contratos con los clientes.	Reestructuración de contratos
	3	Implementar un aplicativo móvil que será usado para ingresar los pesos registrados en los PDR.	Reducir el tiempo empleado en el ingreso de información en cargos administrativos	En el macroproceso operativo de recolección y transporte de desechos.	Jefe de Operaciones/ Jefe de Sistemas	Se programará un aplicativo móvil, el cual será usado por los operarios de recolección. Este servirá para ingresar los pesos registrados en los PDR. El operario deberá ingresar los pesos de cada cliente justo luego de salir del punto de recolección de cada cliente. Esta información se enviará en tiempo real al software del Sistema de Control.	Pago a proveedor: programador de app Compra de tablets
	4	Implementar Sistema de Control: software programado especialmente para controlar esta variable.		En el macroproceso operativo de recolección y transporte de desechos y en el tratamiento y disposición final.	Jefe de Operaciones/ Jefe de Planta	Contratando a un programador que diseñe un programa que permita ingresar los pesos que los operarios registren en tiempo real a partir de un aplicativo móvil e ingresando el peso que la balanza de piso de planta registre. En la carta se mostrará como variable la diferencia entre estos valores.	Pago a proveedor: programador del software de control
	5	Plan de Capacitación para los operarios de recolección: uso de aplicativo.	Asegurar el correcto manejo del aplicativo móvil.		Edificio Matriz	Jefe de Operaciones/ Jefe de Planta	Diseñando un plan de capacitación dirigido a los operarios de recolección.

## APÉNDICE C

### Plan de Implementación de la Propuesta C

PLAN	No	QUÉ?	POR QUÉ?	DÓNDE?	QUIÉN?	CÓMO?	CUÁNTO?
<b>B</b>	1	Implementar balanza de piso en Planta.	-Pesar todos los camiones al momento de su descarga. -Poder tener un control sobre los pesos de los camiones.	Planta	Jefe de Planta	Se adquirirá una balanza de piso. Modelo: Centronic-Sax. Es una balanza de eje, se la coloca en el piso. Los camiones pasarán sobre ella y se registrarán sus pesos.	Aprox \$ 20000
	2	Cambiar balanzas en PDR por balanza de piso portátil.	Reducir el error en la tarea de pesaje causado por la mala práctica de los trabajadores.	En cada camión asignado a rutas hospitalarias.	Jefe de HSEQ	Se adquirirán balanzas de piso portátiles para cada uno de los camiones asignados a rutas hospitalarias.	Costo de balanzas portátiles * número de camiones (rutas hospitalarias). Aprox. \$5600
	3	Sistema de Código de Barras.	Para otorgar trazabilidad al proceso, y así determinar qué factores tienen mayor influencia sobre la variable de respuesta.	En cada una de las fundas que se entregarán al cliente.	Jefe de Operaciones/Jefe de Planta	Los desechos se colocaran en fundas más grandes, se contará con un dispositivo que registrará el peso total e imprima un código de barras con la información de los desechos, este código se pegará en las fundas al mismo tiempo que enviará esta información a tiempo real al software de control.	Implementación del sistema de códigos de barras. Aprox. \$32000
	4	Implementar Sistema de Control: carta de control.	Identificar fácilmente cuando existe diferencia significativa entre el peso cobrado al cliente vs. el peso real recolectado.	En el macroproceso operativo de recolección y transporte de desechos y en el tratamiento y disposición final.	Jefe de Operaciones/Jefe de Planta	Se establecerán cartas de control en excel (con parámetros previamente establecidos) que permita ingresar los pesos que los operarios de recolección reporten en una hoja resumen en planta (al final de su ruta) y ingresando el peso que la balanza de piso de planta registre. En la carta se mostrará como variable la diferencia entre estos valores .	Pago a proveedor: programador del software de control. Aprox. \$1000

PLAN	No	QUÉ?	POR QUÉ?	DÓNDE?	QUIÉN?	CÓMO?	CUÁNTO?
	5	Plan de Capacitación para los operarios de recolección: uso de balanzas.	Reducir el error en la tarea de pesaje causado por la mala práctica de los trabajadores.	Edificio Matriz	Jefe de HSEQ	Se diseñará un plan de capacitación dirigido a los operarios de recolección.	Tiempo de los operarios de recolección (2 horas) y de la persona encargada: (4 horas).

## APÉNDICE D

Datos de las muestras de la simulación realizada para el cambio de balanzas.

<b>MUESTRA 2</b>		
<b>#</b>	<b>BALANZAS PEQUEÑAS</b>	<b>BALANZA 60X50</b>
1	5.8	5.85
2	4.8	4.95
3	7.6	7.7
4	6.8	6.85
5	5.2	5.2
6	8.1	8.35
7	12.5	12.65
8	12.8	13.2
9	2.9	3.1
10	12.1	12.7
11	4.7	4.9
12	10.8	10.9
13	7.1	6.95
14	7.2	7.35
15	1.9	1.9
TOTAL	110.3	112.55

<b>MUESTRA 3</b>		
<b>#</b>	<b>BALANZAS PEQUEÑAS</b>	<b>BALANZA 60X50</b>
1	11.7	11.85
2	11.3	11.5
3	6.8	6.85
4	6.2	6.3
5	5.4	5.3
6	9.1	9.3
7	5.2	5.2
8	10	10.15
9	3.7	3.7
10	6.8	6.95
11	3.4	3.5
12	8.6	8.65
13	9.8	10.15
14	2.7	2.7
15	2.3	2.2
TOTAL	103	104.30

<b>MUESTRA 4</b>		
<b>#</b>	<b>BALANZAS PEQUEÑAS</b>	<b>BALANZA 60X50</b>
1	3.8	3.65
2	2.1	2.1
3	1.5	1.55
4	3.6	3.65
5	4.7	4.6
6	3	3
7	2.8	2.85
8	2.2	2.15
9	5.5	5.55
10	9.3	9.3
11	4.3	4.45
12	11.8	12.25
13	6.8	6.75
14	9.2	9.45
15	2.4	2.45
TOTAL	73	73.75

<b>MUESTRA 5</b>		
<b>#</b>	<b>BALANZAS PEQUEÑAS</b>	<b>BALANZA 60X50</b>
1	12.1	12.2
2	10.8	10.8
3	12.9	12.9
4	11	11
5	7.5	7.4
6	9.9	9.85
7	5.7	5.75
8	4.2	4.25
9	4.7	4.65
10	10.1	10.15
11	10.5	10.5
12	12.8	12.7
13	11	11.15
14	4.8	4.85
15	8.6	8.6
16	11.6	11.5
TOTAL	148.2	148.25

<b>MUESTRA 6</b>		
<b>#</b>	<b>BALANZAS PEQUEÑAS</b>	<b>BALANZA 60X50</b>
1	6.5	6.4
2	9.8	10
3	5.8	6.3
4	4	4.2
5	8	8.15
6	4.4	4.75
7	11.2	11.4
8	4.3	4.1
9	5	4.95
10	9.3	9.45
11	9	9.3
12	5.8	6.05
13	7.7	8.2
14	8	8.65
15	7.6	7.5
16	7.8	7.7
17	5.9	5.9
18	6	6.15
19	3.9	3.95
20	8.6	8.55
TOTAL	138.6	141.65

## **APÉNDICE E**

### **Plan de Capacitación para el uso de las balanzas actuales**

#### **1. Actividad de la empresa**

MJ S.A. es una empresa dedicada a la gestión de desechos hospitalarios e industriales dentro de varias ciudades de Ecuador. Sus actividades comprenden: capacitación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de los desechos.

#### **2. Justificación**

El principal proceso de la empresa MJ S.A. se centra en la recolección, transporte y tratamiento de desechos, siendo el más crítico: el manejo de los desechos hospitalarios. Los operarios de recolección acuden a los diferentes puntos de generación, de acuerdo a la ruta que se les asigne, y recogen los desechos de los clientes. En estos puntos los operarios pesan las fundas con desechos hospitalarios usando balanzas digitales portátiles, estos pesos son registrados en los manifiestos, y de acuerdo a los valores que se indiquen en estos documentos, se le cobra al cliente. Luego estos desechos son transportados a la planta de tratamiento, donde son almacenados temporalmente y nuevamente pesados previo a su tratamiento.

Durante los últimos años la empresa MJ S.A. ha presentado una diferencia significativa entre el peso que se registra en los manifiestos y el peso registrado en la planta de tratamiento. Luego de realizar un análisis de causas detallado, se concluyó que un factor de gran impacto sobre este problema, es la falta de capacitación que poseen los operarios de recolección sobre el uso de las balanzas digitales portátiles. Por este motivo, se planifica esta capacitación.

#### **3. Alcance**

El presente plan de capacitación aplica a todos los operarios de recolección de la compañía MJ S.A.

#### **4. Objetivos**

##### 4.1 Objetivo General

Lograr que los operarios de recolección empleen el método adecuado de manejo de las balanzas digitales portátiles.

#### 4.2 Objetivos Específicos

- ✓ Hacer que los operarios de recolección conozcan el método adecuado de manejo de las balanzas mediante una charla.
- ✓ Evaluar a los operarios en términos de la información de la charla de capacitación que se dictará.
- ✓ Asegurarnos mediante seguimiento, que los operarios empleen el método correcto de manejo de las balanzas.

#### **5. Estrategias**

Las estrategias a emplearse en este plan de capacitación son:

- Charla inductiva
- Evaluación del método explicado
- Seguimiento al método empleado

#### **6. Capacitación**

##### 6.1 Charla inductiva

La charla que se dictará a los operarios de recolección estará a cargo del Jefe de Operaciones, quien mediante diapositivas y material físico, explicará a los operarios el método correcto que deben seguir para realizar su tarea de pesaje. Esto corresponde a:

- Manipulación permitida y cuidados de las balanzas.  
Se explicará el cuidado que debe tomarse en los momentos que se manipulen las balanzas, considerando la posible descalibración que puede presentarse en estos equipos debido a golpes, caídas o mal



trato que se le pueda dar por parte de las personas que lo utilizan a diario.

- Forma en cómo debe tomarse la balanza durante la tarea de pesaje.  
Los operarios deberá conocer la correcta forma de tomar la balanza durante su tarea de pesaje. En este punto se buscará hacer conciencia en el personal en cuanto al impacto que representa para la compañía en general, el mal empleo de esta actividad.
- Cálculos de sumas de los pesos.  
El personal deberá comprender que la única forma para realizar las sumas de los pesos de los desechos, debe ser mediante la ayuda de una calculadora y una hoja de datos.
- Registro de la información en documentos.  
Se aprovechará esta charla, para indicar a los operarios lo importante que es que los datos que escriban tanto en sus hojas de registros como en los manifiestos, deben ser con letra legible. De esta forma se reducirán los errores causados en el ingreso de información por la dificultad de entender los números escritos en los documentos.

#### 6.2 Evaluación del método explicado

Luego de la charla inductiva, se realizarán pruebas con cada operario, solicitando que pese varias fundas con diferentes tipos de contenido para evaluar los conocimientos adquiridos durante la charla.

Así mismo se le pedirá que realice otras actividades como guardar la balanza en el camión, movilizarla de un punto a otro, y así evaluar la forma en que manipulan estos instrumentos.

#### 6.3 Seguimiento del método empleado

Periódicamente se realizarán visitas in-situ por parte del Jefe de Operaciones o del Coordinador de Operaciones, quienes verificarán que el método que los Operarios de Recolección estén empleando, sea el esperado.

Además se pegarán guías operativas sobre el método de pesaje correcto en todos los camiones que realicen rutas hospitalarias.

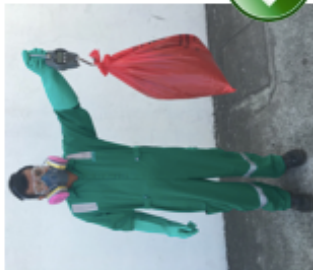





## APÉNDICE F

### Guía operativa para la correcta manipulación de desechos

GUÍA OPERATIVA: MANIPULACIÓN DE FUNDAS DE DESECHOS HOSPITALARIOS	
	
<p><b>1.- FLEXIONE LAS RODILLAS PARA TOMAR LAS FUNDAS ÚNICAMENTE DEL MOÑO.</b></p>	<p><b>2.- MANIPULE LAS FUNDAS CON LOS BRAZOS EXTENDIDOS MANTENIENDO LOS DESECHOS ALEJADOS DEL CUERPO.</b></p>
	
<p><b>NO DOBLE LA ESPALDA PARA TOMAR LAS FUNDAS</b></p>	<p><b>NO TOME LAS FUNDAS POR NINGÚN LADO QUE NO SEA EL MOÑO</b></p>
	
<p><b>NO APEGUE LAS FUNDAS AL CUERPO</b></p>	<p><b>NO ARRASTRE LAS FUNDAS</b></p>

## APÉNDICE G

### Guía operativa para la el pesaje de fundas de desechos hospitalarios

GUÍA OPERATIVA: PESAJE DE FUNDAS DE DESECHOS HOSPITALARIOS	
	<p>1.- COLOQUE LA FUNDA EN EL GANCHO Y ESTIRE SU BRAZO SOSTENIENDO LA BALANZA.</p>
	<p>2.- ESPERE QUE SE ESTABILICE LA MEDICIÓN Y MUESTRELA A SU COMPANERO.</p>
	<p>PUEDA TOMAR LA BALANZA CON UNA O 2 MANOS, PERO SIEMPRE MANTENIENDO LOS DESECHOS ALEJADOS DEL CUERPO.</p>
	<p>NO INCLINE LA BALANZA DURANTE LA MEDICIÓN</p>
	<p>NO APEGUE NUNCA LAS FUNDAS AL CUERPO</p>
	<p>NO TOQUE NUNCA EL SENSOR NI EL GANCHO DE LA BALANZA</p>

## APÉNDICE H

Valores utilizados para la prueba de hipótesis

Balanza actual (X)	Balanza alquilada (Y)	$D^*(X-Y)$
11.7	11.85	-0.15
11.3	11.5	-0.2
6.8	6.85	-0.05
6.2	6.3	-0.1
5.4	5.3	0.1
9.1	9.3	-0.2
5.2	5.2	0
10	10.15	-0.15
3.7	3.7	0
6.8	6.95	-0.15
3.4	3.5	-0.1
8.6	8.65	-0.05
9.8	10.15	-0.35
2.7	2.7	0
2.3	2.2	0.1
5.8	5.85	-0.05
4.8	4.95	-0.15
7.6	7.7	-0.1
6.8	6.85	-0.05
5.2	5.2	0
8.1	8.35	-0.25
12.5	12.65	-0.15
12.8	13.2	-0.4
2.9	3.1	-0.2
12.1	12.7	-0.6
4.7	4.9	-0.2
10.8	10.9	-0.1
7.1	6.95	0.15
7.2	7.35	-0.15
1.9	1.9	0
3.8	3.65	0.15
2.1	2.1	0
1.5	1.55	-0.05
3.6	3.65	-0.05
4.7	4.6	0.1
3	3	0
2.8	2.85	-0.05
2.2	2.15	0.05
5.5	5.55	-0.05
9.3	9.3	0
4.3	4.45	-0.15
11.8	12.25	-0.45
6.8	6.75	0.05
9.2	9.45	-0.25
2.4	2.45	-0.05
12.1	12.2	-0.1
10.8	10.8	0
12.9	12.9	0
11	11	0
7.5	7.4	0.1
9.9	9.85	0.05
5.7	5.75	-0.05
4.2	4.25	-0.05
4.7	4.65	0.05
10.1	10.15	-0.05

Balanza actual (X)	Balanza alquilada (Y)	D*(X-Y)
10.5	10.5	0
12.8	12.7	0.1
11	11.15	-0.15
4.8	4.85	-0.05
8.6	8.6	0
11.6	11.5	0.1
6.5	6.4	0.1
9.8	10	-0.2
5.8	6.3	-0.5
4	4.2	-0.2
8	8.15	-0.15
4.4	4.75	-0.35
11.2	11.4	-0.2
4.3	4.1	0.2
5	4.95	0.05
9.3	9.45	-0.15
9	9.3	-0.3
5.8	6.05	-0.25
7.7	8.2	-0.5
8	8.65	-0.65
7.6	7.5	0.1
7.8	7.7	0.1
5.9	5.9	0
6	6.15	-0.15
3.9	3.95	-0.05
8.6	8.55	0.05
11.5	11.7	-0.2
12.2	12.2	0
7.7	7.7	0
8.4	8.4	0
9.1	9.25	-0.15
8.6	8.75	-0.15
11.8	12.15	-0.35
10.4	10.35	0.05
8.2	8.15	0.05
6.8	6.75	0.05
12.9	12.8	0.1
7.9	9.75	-1.85
5.4	5.4	0
7	7.05	-0.05
5.6	5.75	-0.15
6.9	7	-0.1