

# **ANALISIS DE LA REDUCCION DEL SOBREPESO DE PRODUCTO EN DIFERENTES EMPRESAS DE POLVO DETERGENTE**

Moisés Tapia Sotomayor<sup>1</sup>, Nelson Cevallos<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Ingeniero Industrial

<sup>2</sup>Director de Tesis, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1973; Master en Administración de Empresas, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1997; Master en Ingeniería Mecánica, Universidad de Kentucky EE.UU, 1976; Profesor de ESPOL desde 1976.

## **RESUMEN.**

El regalo de producto que se le da al cliente debido al sobrepeso que llevan los empaques o también conocido como “give away” es uno de los principales problemas que se presentan dentro de las Empresas productoras de polvo detergente. El Give Away es un fenómeno multicausal que ataca directamente a la rentabilidad del negocio a nivel mundial y allí está una gran oportunidad para reducir grandes pérdidas. El presente trabajo tiene como objetivo el análisis de reducción del sobrepeso de producto existente en diferentes empresas productoras de polvo detergentes tales como Vespasiano de Brasil, Jabonería Nacional de Ecuador, Gualeyguachu de Argentina y Pacocha de Perú.

En la tesis, se da una justificación y se explica la metodología del estudio resaltando la importancia y las condiciones en que se encuentra el give away en la industria de polvo detergente a nivel Nacional e Internacional. Se describe el proceso para la elaboración de polvo detergente. Además se detalla el proceso que se siguió aplicando la metodología para el análisis del problema, donde se identificará las principales variables que originan el give away, se identificará las mejores prácticas efectuadas por las empresas para reducir el give away y se establecerá prioridad en la implantación de dichas prácticas en las empresas. Se determinará que políticas deben seguir las empresas para la Implantación de las mejoras, además se efectuará un análisis de los resultados obtenidos en la reducción del give away al implantar las mejoras en las empresas y por último se presentará un cronograma de implantación de mejoras.

## **INTRODUCCION**

Uno de los más grandes problemas que disminuyen considerablemente la rentabilidad en las empresas de la industria de polvo detergente desde su producción industrial que empezó en los años 30, es el regalo de este producto a los consumidores, trayendo preocupación en algunas empresas tanto Nacional como Internacional en la reducción o “eliminación” de este regalo de producto o give away.

Estando nuestro país inmerso en un sistema de dolarización y un marco de globalización, lo primero en lo que se debe pensar es en lo que las empresas

debieran hacer para ser mas eficientes y competitivas, es por esto indispensable que en empresas como las nuestras muestre un marcado interés al análisis y estudio de las soluciones que han sido aplicada por otras y que han tenido resultados importantes.

Dentro de los pilares fundamentales del éxito en el mundo de los negocios, está sin lugar a dudas el mejoramiento en la forma de cómo se hacen las cosas, y teniendo como regla principal para su continua evolución, que siempre habrá un mejor método de hacerlas; el presente trabajo es precisamente un intento de encontrar un óptimo de mejores prácticas para la reducción de la pérdida de polvo detergente que se da en la industria de detergente en polvo debido al sobrepeso que llevan las funditas de producto. El análisis fue hecho en diferentes empresas de América del Sur, pero enfocados a empresas a nivel nacional tomando como patrón una empresa de reconocida marca nacional.

El give away es un fenómeno multicausal, producido principalmente por la variación del peso en el producto terminado, cuyo efecto se produce específicamente en la línea de envasado. La variación de pesos del producto es el punto más importante a ser controlado en las fábricas que trataremos y posiblemente el más difícil debido al gran número de variables que lo afectan.

En el estudio se ha determinado que el desperdicio de producto que se da por el sobrepeso que llevan las funditas de polvo terminado es un punto importante a tratar en este tipo de industrias, debido a que se obtendría una mejor calidad, se reduciría las pérdidas, mejoraría la eficacia global de las empresas y se reduciría significativamente las pérdidas económicas. Además se estima que se podría reducir significativamente esta pérdida debido al sobrepeso, obteniendo un regalo de producto que estaría entre el 0.5 y 1%.

## **CONTENIDO**

### **Características generales.**

Los detergentes son aquellos productos que se utilizan para lavar, limpiar y cuya composición es diferente a la de los jabones de tocador pero con el mismo mecanismo de limpieza de éstos. Existen diferencias entre los detergentes y los jabones, los detergentes se fabrican a partir de materias primas sintéticas a diferencia de los jabones que se fabrican a partir de materias primas naturales. Aunque el jabón es un buen agente limpiador, su efectividad puede verse reducida cuando éste es usado en agua ó con alto contenido de sales minerales. En contraste, los detergentes tienen una excelente resistencia a la dureza del agua, ya que contienen una combinación de agentes limpiadores y bloqueadores que aumentan significativamente el desempeño del detergente.

El detergente suele estar formado por:

- Una o varios tensoactivos: que constituyen la denominada materia activa.
- Coadyuvantes.

- Reforzadores.
- Aditivos.
- cargas

Entre ellos podemos mencionar a las siguientes materias primas:

- Sulfato de sodio, tripolifosfato de sodio (ablandador de agua),
- alquilbenceno sulfonatos lineales (tensoactivo),
- silicato de sodio (agente protector para lavadora),
- carbonato de sodio,
- perborato de sodio,
- activador de blanqueador,
- aditivos biológicos (enzimas),
- abrillantadores ópticos,
- perfume y pigmento.

El proceso de fabricación de detergentes en polvo consta de las siguientes etapas:

- Sulfonación, comprende la reacción básica del gas de Trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ) con el lineal alquil benceno o llamado LAB para la formación de ácido sulfónico.
- Preparación del slurry, comprende la mezcla de las materias primas sólidas y líquidas en tanques con agitación tipo cascada, instalados en serie, hasta tener un slurry viscoso y denso.
- Atomización del slurry, a través de toberas con boquillas de 2.1 mm de diámetro ubicadas en la torre de secado.
- Secado, comprende el secado de las partículas húmedas atomizadas.
- Tamizado del polvo.
- Post-adición
- Homogeneizado
- Envasado.

### **Proceso y metodología usada.**

Para entender el proceso usado en el análisis del sobrepeso de polvo, se diseñó un plan orientándonos hacia el camino correcto con la metodología aplicada, tales como:

- La identificación de los contribuyentes mayores en la variación de densidad y del pobre control.
- La comparación y acuerdo de cuales son las mejores prácticas.
- La comprensión de dónde están las fábricas y hacia dónde deben moverse en términos de Indicadores de desempeño.
- El establecimiento de un plan de acción

Considerando lo anteriormente indicado se tiene presente el objetivo de la tesis que era crear un plan para reducir el sobrepeso de las funditas de polvo detergente a través de la reducción de la variación de pesos y de densidad de polvo y después controlar dichas variaciones.

La metodología utilizada siguió un acercamiento en el uso de la herramienta QFD, modelo basado para el análisis del problema; usando el diagrama de Afinidad que es una herramienta administrativa y sirve para organizar grandes listados de ideas en grupos naturales, de acuerdo con criterios establecidos por un equipo de trabajo. Este modelo se desarrolló en el orden a:

- Identificar áreas de mayor contribución.
- Identificar la mayoría de las prácticas relevantes.
- Identificar áreas y procesos a enfocar.
- Desarrollar el Mapa del Camino para la mejora.
- Identificar los riesgos para alcanzar los targets y generar medidas necesarias.
- Producir un Master Plan para la Mejora.

Una vez que se tiene el panorama claro de los pasos a seguir, se procede a determinar los ladrillos que están presentes dentro de la metodología.

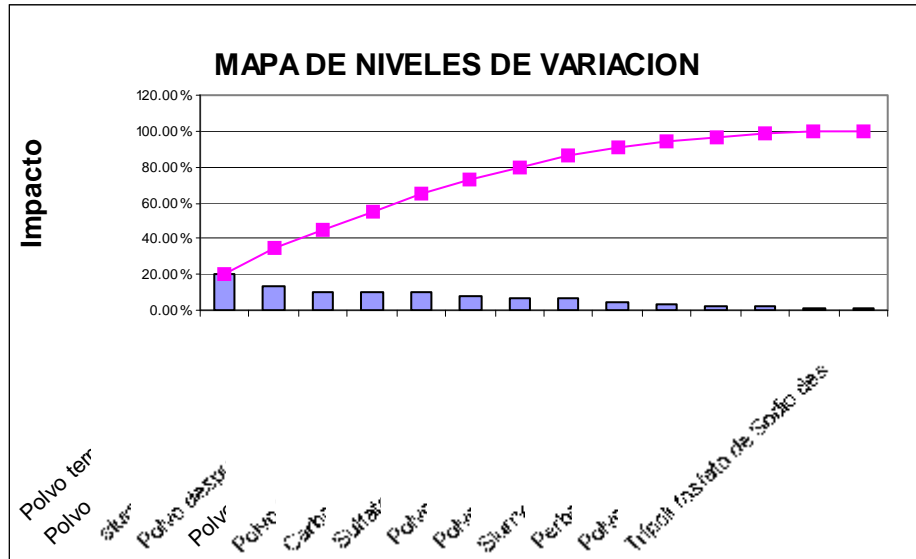
### **Principales variables que afectan la variación de pesos.**

La primera actividad era la captura de las variables principales que afectan el sobrepeso de las funditas de polvo detergente debido a la variación de pesos de producto terminado y a la variación de densidad de polvo que se da en el proceso de las fábricas.

Las causas que afectan en el sobrepeso de producto terminado se los mencionará a continuación:

- Calidad del Trípoli fosfato de Sodio (STP)
- Calidad del Sulfato de Sodio
- Humedad del Slurry
- Presión de Atomización del slurry
- Densidad del Carbonato de sodio y nivel de proporción
- Densidad del sulfato de sodio y nivel de proporción
- Rugosidad de paredes internas-Silo de alimentación
- Frecuencia de limpieza de las tapas y vasos del sistema de dosificación de las maquinas envasadoras
- Calibración Manual del peso
- Tiempo de residencia del slurry
- Proporción de mezclado de las Materias Primas
- Tiempo de almacenamiento del polvo
- Angulo del tubo de alimentación de polvo del silo a la maquina

Además se analizaron los datos de variabilidad en puntos claves dentro del proceso de fabricación en las fábricas, obteniendo en el siguiente gráfico los items que tienen variaciones significativas:



**FIGURA 1. Mapa de niveles de variación**

En el gráfico se puede determinar que los items que representan el 80% de impacto en la variación de nivel presentados en el proceso son en el:

- Polvo terminado envasado
- Polvo seco en la parte baja de la torre
- Slurry después del tanque de goteo
- Polvo después de la post-adición (perfumación)
- Polvo terminado almacenado en los silos
- Polvo terminado después del silo y antes de la máquina de envasado
- Carbonato de Sodio después de ser dosificado

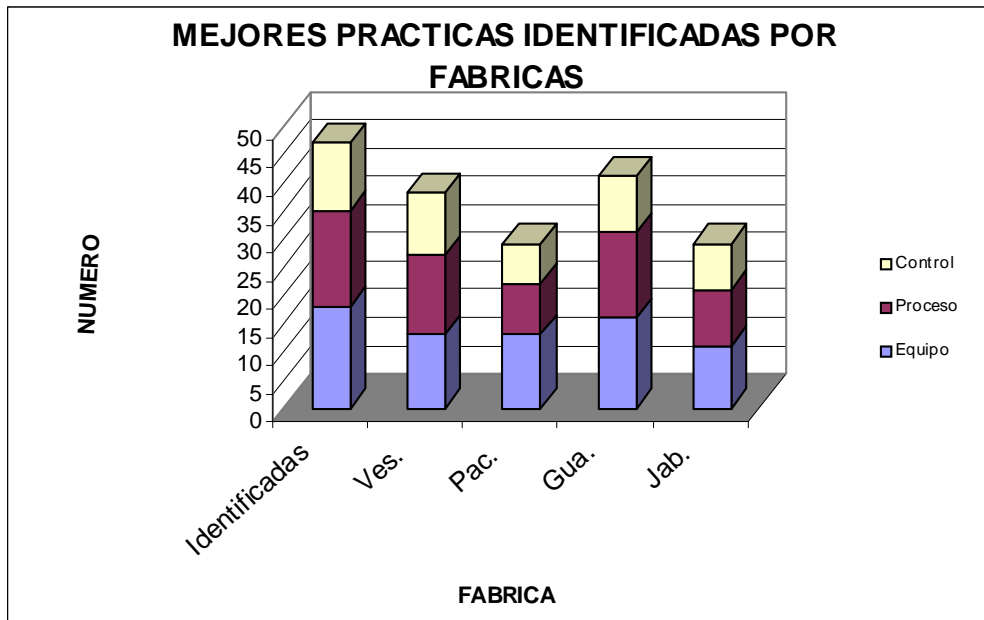
Con estos items identificados a través de un análisis cuantitativo, se podrá saber con mayor certeza donde se encuentran los puntos críticos del proceso que afectan en el problema causando variabilidad.

El contenido de humedad del slurry es considerado teóricamente y prácticamente, el parámetro más importante para variar la densidad del polvo y por ende variar el peso del producto. No obstante, aunque todos saben su importancia, nadie controla el contenido de humedad del slurry como una medida de calidad en el WIP (work in process) ó trabajo en proceso; y es más, se sabe que la exactitud de los sistemas de dosificación en el slurry no da un contenido igual de humedad del slurry.

El otro punto importante para notar es que ninguno de los factores anteriores son estandarizados totalmente, como por ejemplo la operación de la presión de atomización del slurry. A más de eso, hay estándares diferentes, para que las personas usen diferentes “mejores practicas” de lugares diferentes.

### Mejores prácticas por relevancia.

Después del estudio inicial donde se identificó las variables que afectan en el sobrepeso del producto, la definición para la identificación de las mejores prácticas usadas dentro de las fábricas se hizo siguiendo las tres áreas de interés, es decir el equipo, proceso y control. Estas áreas son consideradas las dimensiones donde se concentran las variables que afectan en la densidad del polvo y da como efecto una variación de pesos. En el gráfico se presenta el número de mejores prácticas dadas por las diferentes fábricas en cada una de las dimensiones analizadas.



**FIGURA 2. Mejores prácticas identificadas por fabrica**

El próximo paso en el ejercicio fue el de poner en correlación cada uno de los niveles de la variación con las mejores prácticas apropiadas, para así poder identificar cuales son esas mejores prácticas que influenciarían principalmente la reducción de la variación de pesos que se presentan en las empresas y que traen como efecto el fenómeno del give away. El objetivo fue el de identificar y priorizar las mejores prácticas dadas en las empresas y que deberían ser implementadas en cada caso.

Una vez analizada la correlación entre las mejores prácticas con los niveles de variación, presentaremos en la tabla 1 la lista final que contiene 47 mejores prácticas efectuadas dentro de las empresas analizadas, ordenadas en base a su prioridad de implantación.

**TABLA I**

**LISTA DE LAS MEJORES PRACTICAS POR RELEVANCIA**

	DIMENSION	MEJORES PRACTICAS	PRIORIDAD	PRIOR. ACUMUL.
1	CONTROL	Acuracidad de las pesadoras (bandas, balanzas)	7.98 %	7.98 %
2	CONTROL	Auditoria Periódica / reportes y revisión	7.50 %	15.48 %
3	CONTROL	Controladores de Proceso PLC	5.70 %	21.18 %
4	CONTROL	Monitoreo y control de la densidad del slurry, polvo base y polvo terminado	5.32 %	26.49 %
5	EQUIPOS	Mínimo número de Bandas transportadoras	5.10 %	31.59 %
6	EQUIPOS	Sistema desaerador-Efectividad de Vacío	3.99 %	35.58 %
7	CONTROL	Monitoreo y control de la humedad del slurry y polvo base	3.99 %	39.57 %
8	CONTROL	Personal capacitado para control	3.99 %	43.55 %
9	CONTROL	Controlar la proporción exacta en la adición de materiales	3.89 %	47.45 %
10	EQUIPOS	Frecuente inspección y limpieza de tapas y vasos del sistema de dosificación de polvo en maquinas envasadoras	3.42 %	50.87 %
11	EQUIPOS	Instalación de checkweigher (verificador de pesos) de control automático de pesos en las maquinas	3.42 %	54.28 %
12	PROCESOS	Procedimiento para calibración de pesos en maquinas envasadoras	3.42 %	57.70 %
13	CONTROL	Control de pesos en las maquinas envasadoras	3.42 %	61.12 %
14	CONTROL	Verificación y control de los checkweighers	3.42 %	64.54 %
15	EQUIPOS	Calibración y limpieza frecuente de bandas pesadoras-balanzas.	2.75 %	67.29 %
16	EQUIPOS	Diseño apropiado de los silos de alimentacion de polvo a las maquinas. Angulo de tubo de alimentación menor o igual a 20°	2.47 %	69.76 %
17	EQUIPOS	Limpieza continua de boquillas de atomización de slurry	2.28 %	72.04 %
18	EQUIPOS	Instalación de amortiguador de presión a la salida de la bomba de Alta presión	2.28 %	74.32 %
19	CONTROL	Control exacto de la presión de atomización del Slurry	2.28 %	76.60 %
20	EQUIPOS	Instalar fluidizadores de aire en silos de polvo terminado - Remover el polvo terminado en silos	2.15 %	78.75 %
21	PROCESOS	Orden Apropiado de dosificación de materiales. Exactitud en la adición de ingredientes.	2.15 %	80.90 %
22	EQUIPOS	Recubrimiento con material deslizante (epoxico) en las paredes internas de los silos de alimentación de polvo	1.71 %	82.61 %
23	PROCESOS	Exactitud en la temperatura de las materias primas al momento de ser mezcladas	1.71 %	84.32 %
24	PROCESOS	Regulación de Presión de vapor	1.71 %	86.03 %
25	CONTROL	Control del flujo de aire de los fluidizadores en los silos de alimentación	1.71 %	87.74 %
26	CONTROL	Control del nivel de polvo en las tolvas	1.71 %	89.45 %
27	PROCESOS	Exactitud en la dosificación del rework húmedo en el slurry	1.33 %	90.78 %
28	PROCESOS	Procedimiento de limpieza de tapas y vasos del sistema de dosificación de polvo en maquinas envasadoras	1.14 %	91.92 %
29	PROCESOS	Mantenimiento y limpieza de los checkweighers	1.14 %	93.06 %
30	PROCESOS	Procedimiento para la operación de las maquinas envasadoras	1.14 %	94.20 %
31	PROCESOS	Revisión de certificados de análisis del proveedor y análisis de materiales (especialmente Perborato, carbonato de sodio y sulfato de sodio)	0.87 %	95.06 %
32	PROCESOS	Procedimiento de Arranque de la torre de secado	0.76 %	95.82 %
33	EQUIPOS	Instalación de sensores para control de humedad del slurry en línea	0.57 %	96.39 %
34	EQUIPOS	Instalación de sensores para control de densidad del slurry	0.57 %	96.96 %
35	EQUIPOS	Instalación de Sensores de nivel de polvo en los silos de alimentación	0.57 %	97.53 %

36	PROCESOS	Balace de aguas que convergen en el slurry (pasta neutralizada, silicato, agua, disolución de grumos)	0.57 %	98.10 %
37	PROCESOS	Procedimiento para la operación de perfumación	0.57 %	98.67 %
38	PROCESOS	Procedimiento de Revisión / limpieza de las boquillas de atomización	0.25 %	98.92 %
39	EQUIPOS	Limpieza mecánica del air lift	0.22 %	99.15 %
40	PROCESOS	Exactitud en la mezcla de Polvo base y sulfato de sodio	0.22 %	99.37 %
41	PROCESOS	Limpieza regular del air lift	0.22 %	99.59 %
42	EQUIPOS	Frecuente inspección y limpieza de cabezales de la Bomba de Alta presión	0.13 %	99.72 %
43	PROCESOS	Revisión de densidad de la mezcla (Polvo base + Sulfato de sodio) a la salida del air lift	0.07 %	99.79 %
44	EQUIPOS	Efectividad del cedazo vibrador-Limpieza frecuente	0.06 %	99.85 %
45	EQUIPOS	Calibración frecuente de sensores para control de densidad y humedad en bandas transportadoras de torre de secado	0.06 %	99.92 %
46	EQUIPOS	Filtros paralelos en la fabricación de slurry	0.04 %	99.96 %
47	PROCESOS	Procedimiento de Revisión / limpieza de los cabezales de bomba de alta presión	0.04 %	100.00 %

El código de los colores que se presentan en la tabla y que les da prioridad a las mejores prácticas son detallados a continuación:

- Rojo: Impacto alto en los niveles de variación
- Amarillo: Impacto medio en los niveles de variación
- Verde : Impacto bajo en los niveles de variación
- Azul: Impacto menor en los niveles de variación.

La propuesta de poner las áreas de color rojo, amarillo, verde y azul en cada una de las mejores prácticas nos representan, respectivamente el 50.8%, 80.9%, 95.1% y 100% de la variación analizada. Esto significa que el grupo rojo junto con el amarillo que son 21 mejores prácticas de 47 en total, impactará en un 80.9% de las variables que causan el problema y necesitan ser implementadas con prioridad.

Se ha resaltado los puntos siguientes sobre esta tabla :

- Esta tabla fue establecida usando el resultado global, donde la información obtenida debe ser observada como un promedio. Las diferencias locales para las fábricas específicas pueden aplicar.
- Las mejores prácticas que están marcadas con color verde y azul no son menos importante pero enfrentan a las otras prácticas, dando un menor beneficio con respecto a las prácticas que están marcadas de color rojo y amarillo. Esto no significa que las fábricas pueden ignorar las mejores prácticas en los equipos marcadas de color azul y verde; desde el punto de partida en la implantación es la disponibilidad de un recurso bueno.
- La tabla es un indicativo y planes locales deben ser basados en él. La propia tabla en si no es un plan de implementación, da la pauta para que las empresas realicen sus propios planes basados en las situaciones que se encuentren.
- Las variables aquí son analizadas bajo el enfoque de la variación de peso y de densidad de polvo detergente. Ningún otro parámetro ha sido considerado, por ejemplo la energía, los recursos, costo o fiabilidad.



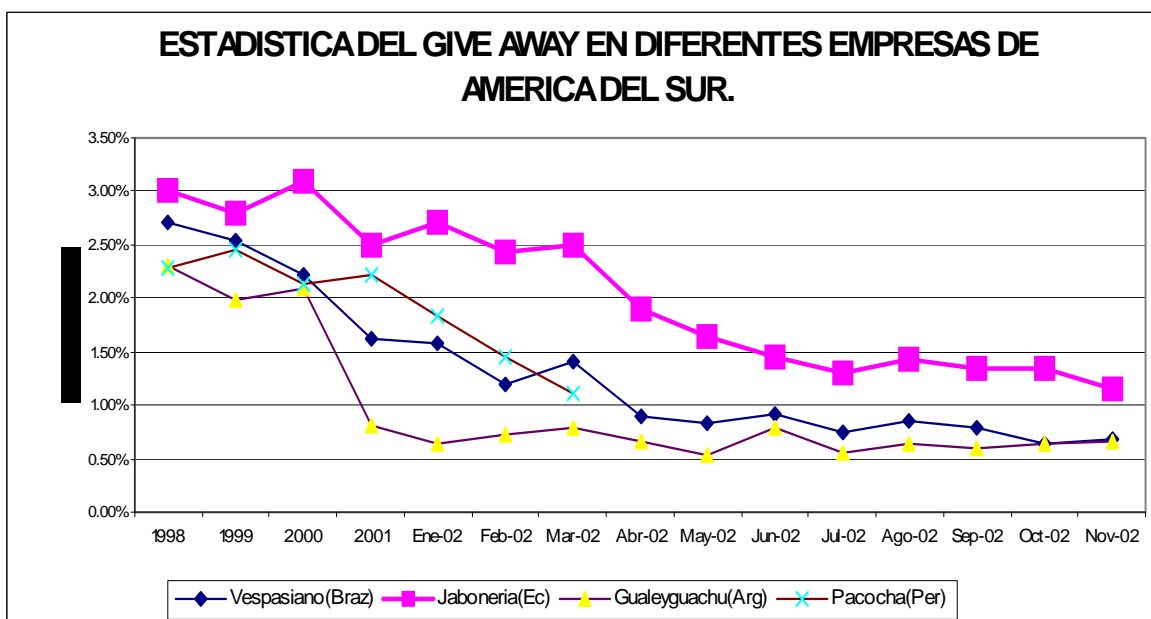
### **Análisis de resultados.**

Existe muchas medidas que se pueden aplicar en las plantas industriales y que nos trae como resultado la reducción del sobrepeso del producto terminado, algunas de ellas requieren poco o ninguna inversión y un tiempo relativamente corto para ponerlas en práctica. Son fundamentalmente mejoras en el mantenimiento de los equipos y en el manejo apropiado de procesos junto a un control adecuado.

Las empresas analizadas se plantearon objetivos importantes y así obtener resultados significativos en la solución del problema. Considerando que el give away es el resultado del peso promedio menos el peso nominal del producto; sus metas era el de trabajar por debajo de los targets de sobrepesos fijados para el corriente año, siempre con el respaldo legal. Mientras se reducía la variación en el peso de las presentaciones de los productos, se reestablecía nuevos targets con la tendencia a disminuir el sobrepeso, tal como se realizó en dichas empresas, pero siempre cumpliendo con las Normas legales de pesos que rigen en cada país.

Para poder obtener un mejor análisis sobre los resultados obtenidos en la reducción del sobrepeso de producto, en el figura 3 se presenta la estadística del give away de cada una de las empresas consideradas desde el año 1998 hasta Noviembre del 2002 de cuatro empresas de América del Sur tales como Vespasiano de Brasil, Jabonería Nacional de Ecuador, Gualeyguachu de Argentina y Pacocha de Perú.

En la empresa Vespasiano se tenía desde el 98 hasta el 2000 un give away promedio de 2.49% y debido a las implantaciones de mejoras, con un total de 38 mejores prácticas implementadas (13 en los equipos, 14 en los procesos, 11 en el control) se tiene una notable reducción a partir del 2001 hasta Noviembre del 2002 con un give away promedio de 1.03%, reduciendo las pérdidas de polvo debido al sobrepeso en 1.46%. Gualeyguachu tenía desde el 98 hasta el 2000 un give away promedio de 2.13% y debido a las implantaciones de mejoras, con un total de 41 mejores prácticas implementadas (16 en los equipos, 15 en los procesos, 10 en el control) se tiene una notable reducción a partir del 2001 hasta Noviembre del 2002 con un give away promedio de 0.67%, reduciendo las pérdidas de polvo debido al sobrepeso en 1.46%. Pacocha tenía desde el 98 hasta el 2001 un give away promedio de 2.28% y debido a las implantaciones de mejoras, con un total de 29 mejores prácticas implementadas (13 en los equipos, 9 en los procesos, 7 en el control) se tiene una notable reducción a partir de Enero del 2002 hasta Marzo del 2002 con un give away promedio de 1.47%, reduciendo las pérdidas de polvo debido al sobrepeso en 0.81%. Jabonería Nacional tenía desde el 98 hasta Marzo del 2002 un give away promedio de 2.72% y debido a las implantaciones de mejoras, con un total de 29 mejores prácticas implementadas (11 en los equipos, 10 en los procesos, 8 en el control) se tiene una notable reducción a partir de Abril del 2002 hasta Noviembre del 2002 con un give away promedio de 1.45%, reduciendo las pérdidas de polvo debido al sobrepeso en 1.27%.



**FIGURA 3. Gráfico de la Estadística del give away en diferentes empresas de América del Sur.**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de haber realizado el análisis de los resultados obtenidos en la reducción de pesos de producto terminado a través de las implantaciones de mejoras efectuadas en las diferentes empresas, se puede concluir que el give away ó regalo de producto al cliente es uno de los más grandes problemas que disminuyen considerablemente la rentabilidad en las empresas de la industria de polvo detergente, pero existen muchas oportunidades de mejoras para reducirlo.

En términos generales, los siguientes problemas son comunes para la industria de polvo detergente:

- No se lleva un control adecuado en los parámetros de calidad del producto especialmente en la densidad. La calidad y control del proceso en las fábricas no son ideales.
- La pobre consistencia de calidad física de la materia prima afecta la densidad de polvo, principalmente con el pososado de materiales.
- El spray drying (proceso de secado) y otros procesos de transformación no se entienden totalmente y no son muy bien controlados.
- Los sistemas de dosificación y mezclado parecen estar lejos del ideal, debido a su deficiencia.
- La pobre gestión mantenimiento y limpieza adecuada de las máquinas y equipos son actores principales en las paradas y arranques frecuentes.

- Los tubos que alimentan el polvo terminado desde los silos hacia los platos dosificadores de polvo de las máquinas envasadoras no poseen el ángulo óptimo con respecto a la vertical (ángulo menor o igual a 20°), para evitar problemas de fluidez del polvo y apelmazamiento de polvo en la sección de descarga del silo.
- No se remueve el polvo continuamente en los silos produciendo aglomeraciones arqueadas y apelmazamiento de material en las paredes.
- Existe rugosidad en las paredes de los silos, lo que hace que el polvo se separe y reduzca la sección de descarga del silo.
- La falta de capacitación de los operadores en el control apropiado de procesos y equipos.
- Balanzas electrónicas descalibradas y con falta de mantenimiento.

Como podemos observar en el análisis de resultados, con las implantaciones de las mejoras que se efectuaron en las empresas, se pueden lograr ahorros o reducción de pérdidas significativos, bajando entre 1.5 - 2 % el give away que se tiene.

Por lo tanto se recomienda a las empresas de la industria de polvo detergente, que inicien con la ejecución del proyecto en la búsqueda de la reducción del sobrepeso de sus productos a través de las implantaciones de las mejoras que se proponen en esta tesis, y a las empresas analizadas que ya han implantado mejoras se sugiere que de ser factible sigan con la implantación de las otras mejoras que no las han considerado y así obtener una mayor reducción del sobrepeso.

## REFERENCIAS

1. M. Tapia, "Análisis de la reducción del sobrepeso de producto en diferentes empresas de polvo detergente" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2003).
2. Joao Francisco Ribeiro, Bulk Density Workshop Report (Brazil, Vespasiano, Octubre 2000)
3. Nelson Apolo Mera, "Diseño y construcción de un colector de mangas" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1996).
4. ELONKA S. M./ ROBINSON J. F. Operaciones de Plantas Industriales (Calipso, México, 1988).

---

Moisés Tapia S.  
Matricula # 199722315  
Ced. Identidad # 0918598715

---

Ing. Nelson Cevallos  
DIRECTOR DE TESIS