

Aportes al modelo de gestión ambiental de una compañía del sector de las cerámicas enfocado a la disminución del consumo de agua.

Trabajo de grado en la modalidad de práctica empresarial, para optar por el título de Ingeniero Ambiental.

Juan Camilo Torres Duran.

Asesor

Diego Fernando Avendaño Cantor.

Ingeniero Forestal Esp. Mg.

Corporación Universitaria Lasallista.

Facultad de ingeniería

Ingeniería Ambiental

Caldas-Antioquia

2016

Tabla de contenido

Introducción.....	6
Objetivos del trabajo de práctica	10
Objetivo general.....	10
Objetivos específicos.	10
Marco teórico	11
Consumo de agua industrial a nivel mundial.....	11
Consumo de agua industrial a nivel nacional	12
Gestión del agua en Locería Colombiana (CORONA):.....	14
Información general de la empresa	15
Actividad económica de la empresa	16
TPM enfocado a la gestión ambiental:	17
Resultados	24
Enero y febrero	24
Marzo y Abril.....	25
Mayo	27
Atomizadores	29
Que incluye el proyecto:	29
Qué no incluye el proyecto:	29
Otros Beneficios Esperados:	29
Información Específica Del Proyecto:	30
Funcionamiento:	30
Contingencia:	31
Flujo De Caja Del Proyecto:.....	31
Presión de agua de epm en los atomizadores:	33
Análisis De La Información	39
Conclusiones del análisis estadístico en atomizadores	41
Propuesta final del montaje en atomizadores.....	42
Esquema del montaje en atomizador	44
Referencias	45

Lista de tablas

	Pág.
Tabla1. Metas en el consumo de agua en locería Colombina.....	18
Tabla 2. Línea base y meta esperada en el consumo de agua.....	19
Tabla 3. Ahorro en consumo de agua, en dinero y la inversión realizada.....	20
Tabla 4. Resultados Reales en el consumo de agua.....	22
Tabla 5. Porcentaje de ahorro o aumento en consumo de agua referente a la meta establecida.....	23
Tabla 6. Cantidad de agua en m ³ y en \$.....	31
Tabla 7. Consumo de energía de la bomba en el mes.....	32
Tabla 8. Ahorro neto mensual.....	32
Tabla 9. Costo del montaje del sistema.....	32
Tabla 10. Recuperación de la inversión.....	33

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Consumo de agua industrial en los diferentes continentes y algunos países del mundo.....	12
Figura 2. Consumo de agua en los diferentes sectores de la industria Colombiana.....	14
Figura 3. Consumo de agua global de los pequeños equipos.....	28
Figura 4. Presión de agua en el lavador del atomizador No. 1.....	35
Figura 5. Presión de agua en el lavador del atomizador No. 2.....	36
Figura 6. Porcentaje de húmedas de la pasta del atomizador No. 1.....	37
Figura 7. Porcentaje de húmedas de la pasta del atomizador No. 2.....	38
Figura 8. Análisis estadístico de la presión en atomizador No. 1. (Programa: Minitab).....	39
Figura 9. Análisis estadístico de la presión en atomizador No. 2. (Programa: Minitab).....	40

Resumen

El agua es un recurso vital y fundamental para la subsistencia del hombre; Esta es indispensable tanto para todo su organismo como para las actividades y quehaceres diarios de cada individuo. El agua tiene una gran demanda a nivel mundial y uno de los sectores que genera un gran consumo de dicho recurso es la industria. Específicamente la industria de la cerámica requiere una cantidad muy significativa de dicho recurso para así lograr transformar la materia prima y obtener un producto final; en una empresa del sector de la cerámica se implementa un sistema de gestión ambiental la cual se encuentra estructurada como un pilar desde el mantenimiento productivo total TPM. El aporte al modelo de esta gestión en dicha compañía, con un trabajo en conjunto con pequeños equipos aplicando las buenas prácticas de ingeniería se obtuvo como resultado una disminución en el consumo del agua potable y un mejor aprovechamiento del agua residual industrial ARI, lo cual conllevó a generar beneficios tantos a nivel ambiental como a nivel económico.

Palabras claves: Gestión ambiental, Mantenimiento Productivo Total, Agua Residual Industrial, Pequeño Equipo, disminución en el consumo de agua, buenas prácticas de ingeniería.

Introducción

El agua es uno de los elementos naturales que se encuentra en mayor proporción en el planeta tierra, ocupando cerca del 71% de la superficie terrestre. Del recurso hídrico disponible, alrededor del 97,5% se encuentra en el océano y solo el 2,5% es agua dulce, distribuyéndose en glaciares, casquetes polares, depósitos subterráneos, vapor de agua, ríos y lagos, contando únicamente con el 0,007% de las aguas dulces para usos humanos. (Gomez Gomez, Danglot Banck, & Vega Franco, 2010).

En el mundo el aumento demográfico, la urbanización, la industrialización y el incremento de la producción, además del consumo, han generado que la demanda de agua dulce sea cada vez mayor. Es por ello que se pronostica que para el 2030 la humanidad tendrá que enfrentarse a un déficit mundial de agua del orden del 40%, a pesar de que hay recursos hídricos suficientes para suplir las necesidades del mundo. Dicho escenario se dará si no cambiamos radicalmente el modo en que se usa, maneja y comparte el agua. Los problemas asociados con el agua están más relacionados con la administración del recurso que con la disponibilidad del mismo. (UN WATER, 2015).

Colombia está catalogado como uno de los países con la mayor oferta hídrica natural en todo el mundo. Algo muy importante para tener en cuenta es la precipitación que se da en nuestro país, la cual es de alrededor de 3.000 mm anuales, favoreciendo así la riqueza en la oferta de agua dulce comparada con el promedio mundial de precipitación anual, la cual tiene como media 900 mm/año. Colombia con la búsqueda de la paz también pretende obtener un crecimiento sostenible, y, para ello, es de vital importancia darle una mirada al Medio Ambiente, por esta razón se está ideando un

programa que involucra el cuidado del agua que tendrá como fin último lograr el crecimiento sostenible. (Ojeda B. & Arias Uribe, s.f). Antioquia es uno de los principales Departamentos de Colombia que tienen gran parte de la riqueza del agua dulce del territorio nacional, ya que esta supera en muchas partes el promedio nacional de lluvias, llegando a tener precipitaciones en algunas zonas por encima de los 5.000 mm al año. Además, Antioquia por su topografía montañosa, posee un gran potencial hídrico con tres grandes cuencas hidrográficas: Magdalena, Cauca y Atrato. Por demás, cuenta con una gran extensión de costa, la cual también hace que tenga gran cantidad de agua salada. Uno de los principales usos que se le da al agua en nuestro Departamento es para la generación de energía por medio de centrales hidroeléctricas; gran parte de esta también está destinada a la agricultura y, como en todo lugar del mundo, para satisfacer las necesidades de todas las personas. (Porrás Gallego, 2012)

El hombre tiene la necesidad de consumir agua ya que ésta es fundamental para todas las funciones del organismo, ya que las células dependen de ella para su supervivencia. Además, se necesita para preparar alimentos, para los usos domésticos, los cultivos, las industrias, entre otros; en pocas palabras, el hombre necesita el agua para todo. El agua es un recurso de mucha importancia para toda industria; a este recurso se le dan diversos usos en cualquier sector industrial, desde materia prima y generación de energía hasta labores de limpieza. En el sector de la industria cerámica el agua es indispensable para toda la producción, en el caso para el cual se pretende aportar desde la práctica, para la elaboración de vajillas se requieren cantidades importantes de agua desde el inicio hasta el final. En promedio se consume 146 m^3

diarios de agua potable, es decir, el agua que es apta para el consumo humano y que puede satisfacer la demanda de 10 familias aproximadamente.

En los últimos tiempos se ha evidenciado la escases del agua potable, ya que gran parte de la población en el mundo no tiene acceso a buenas condiciones de agua o fuentes seguras. (BBC, iWonder, 2015) Con el paso de los años la sobrepoblación, el calentamiento global y otros aspectos harán más delicada dicha escases de agua. Es por ello que debemos darle un buen uso a este recurso; más racional y óptimo en todos los procesos de la industria y esto es lo que se quiere lograr en la compañía del sector cerámico donde se desarrolla la práctica empresarial.

Nuestro país enfrentó una grave problemática de sequía causada por el fuerte fenómeno de El Niño y cuidar el agua puede ser muy útil para toda la sociedad, ya que con el recurso que se deja de consumir en el sector industrial, muchas personas puede acudir a ella para suplir todas sus necesidades básicas diarias y, además, se puede contribuir para que no exista riesgo de tener un racionamiento tanto de consumo de agua como de energía proveniente del sector hidroeléctrico. Con la reducción en el consumo de agua potable que se pretende tener con este proyecto en la compañía de cerámica y con el consumo básico mayor que hoy se presenta en algunos hogares colombianos que es de $19 \text{ m}^3/\text{vivienda-mes}$ (CRA, 2016), se puede estimar que se podrían abastecer 100 hogares al mes con el agua ahorrada que se obtiene de dicho proyecto.

Para lograr esto, se hará la Implementación de Buenas Prácticas de Ingeniería (BPI), las cuales consisten en diferente métodos establecidos de ingeniería y

estándares que son aplicables a través del ciclo de vida del proyecto para producir soluciones costo-efectivas apropiadas (Parra Pumahuaca, 2015), orientando este trabajo al uso racional del agua para diferentes procesos en la producción de vajillas, como lo es, por ejemplo, en las Técnicas de lavado y en las regulaciones de válvulas de flujo; también se harán Obras civiles para la modificación de drenajes y tuberías, se instalarán válvulas reguladoras de consumo y electroválvulas, todo para obtener un proceso muy eficiente en cuanto al consumo del agua y haciendo un aprovechamiento lo máximo posible del agua industrial.

Objetivos del trabajo de práctica

Para la práctica empresarial se ha trazado para el periodo comprendido entre el mes de enero y el mes de junio los siguientes objetivos, general y específicos.

Objetivo general.

- Reducir el consumo de agua en los procesos de manufactura de una compañía del sector de cerámicas, sin afectar la calidad del producto y la disponibilidad de las máquinas.

Objetivos específicos.

- Reducir el consumo de agua potable e industrial en los procesos de manufactura de 8 pequeños equipos en un 53%.

- Establecer un sistema en el cual se garantice el adecuado funcionamiento de la producción de pasta atomizada, reemplazando el uso de agua potable por agua residual industrial tratada.

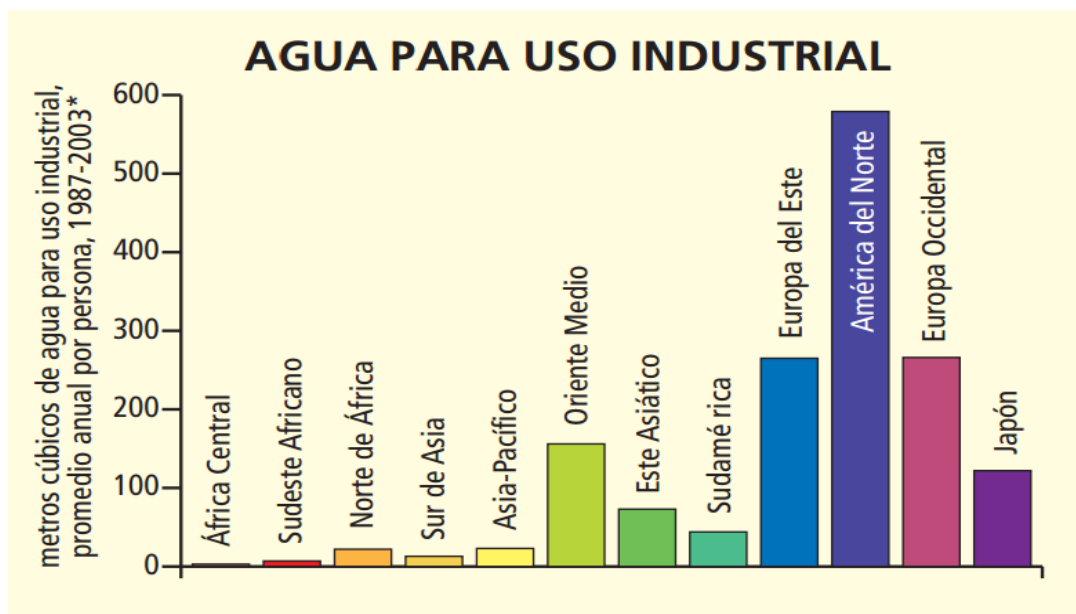
Marco teórico

Consumo de agua industrial a nivel mundial

En el mundo se cuenta con aproximadamente 3.600 Km³ de agua disponible (Un Km³ agua es igual a un trillón de litros), es decir, 1.600 litros/hab/día, en donde se estima que la mitad se evapora, se infiltra en el suelo o vuelve a algún cauce; gran parte de la mitad restante se destina al sector industrial. En éste sector de la economía su uso se estima en al rededor del 20% del agua extraída a nivel mundial, es decir, de la extracción total de agua dulce, en donde se incluye el agua destinada a la generación de energía hidráulica y nuclear, energía termoeléctrica y todos los diferentes procesos industriales. Dicho consumo con el paso de los años se incrementará, estimándose en un 24%, es decir, que desde 1995 a 2025 el consumo de agua para la industria pasara de 752 Km³ a 1.170 Km³. (ONU, 2011)

El consumo de agua en la industria varia en los diferentes continentes del mundo. Se puede evidenciar que unos países consumen más agua que otros en el sector industrial, siendo estos los países llamados desarrollados. En la mayoría de estos países, el uso del agua industrial fue el doble del agua que utiliza el sector doméstico, estimándose una media de 665 mil millones de m². Alrededor de un tercio la consume la industria estadounidense. África Central y el Sudeste Africano al igual que Asia tienen un consumo muy bajo de líquido en la industria, mientras que en América del Sur el consumo de agua es medio, siendo el principal sector el de la agricultura. A continuación en la *figura 1*. Se muestra el consumo de agua industrial en los diferentes continentes y algunos países del mundo. (SASI Group (University of Sheffield) and Mark Newman (University of Michigan), 2006).

Figura 1. Consumo de agua industrial en los diferentes continentes y algunos países del mundo.



Fuente: (SASI Group (University of Sheffield) and Mark Newman (University of Michigan), 2006)

Consumo de agua industrial a nivel nacional

En nuestro país se tiene una demanda en el recurso hídrico de aproximadamente 34.25 Km³ en el año, repartiéndose en los diferentes sectores de nuestro territorio nacional de la siguiente manera:

- El sector agropecuario 63%
- El sector industrial y energético 32%
- El sector doméstico o uso humano 5% (Tobon M., S.f)

El uso del recurso hídrico en las industrias de Colombia varía en cuanto a caudal y la calidad de agua que ellas requieran, ya que cada una de ellas necesita diferentes características en el suministro. El fin que tiene este recurso para las diferentes industrias que usan agua son los siguientes.

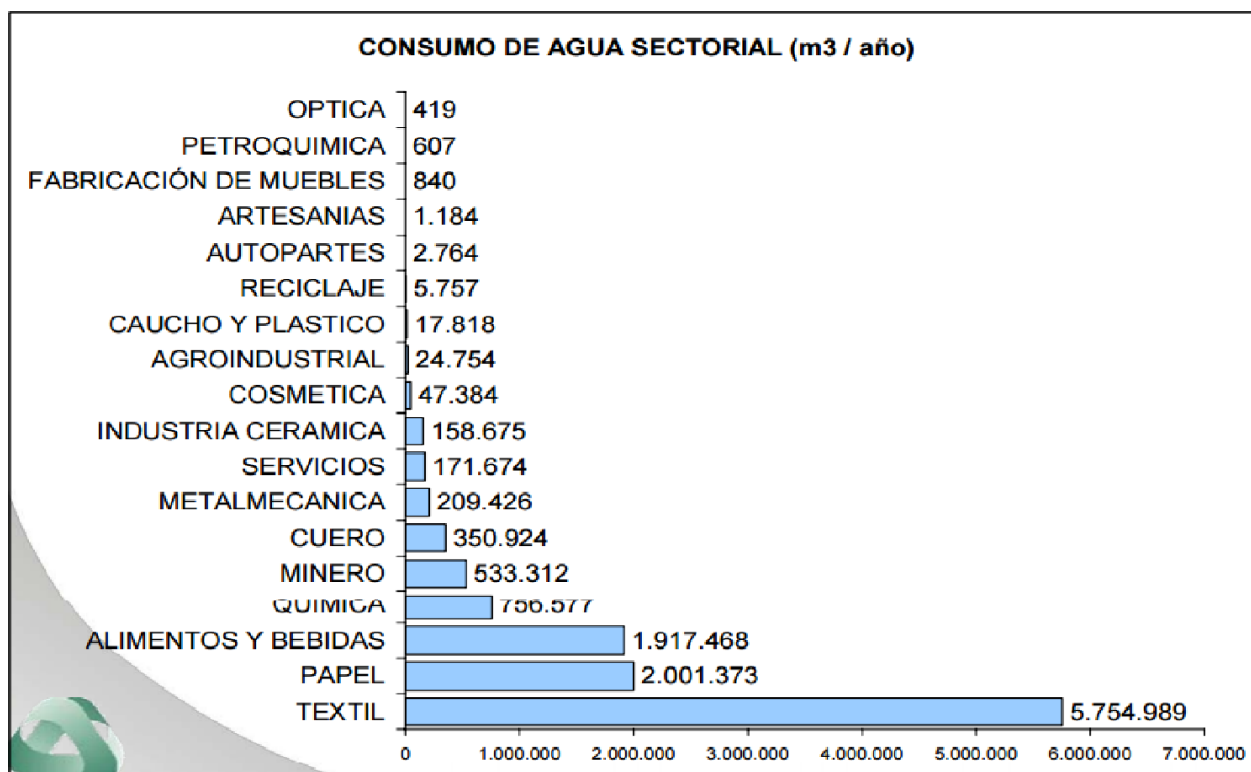
- Materia prima.
- Transporte.
- Transferencia de calor.
- Generación de energía.
- Procesos de limpieza. (Casas Forero, 2012)

Gracias a que en nuestro país siempre ha existido una oferta considerable en el recurso hídrico, se ha generado una cultura en la mayoría de los colombianos de consumo excesivo de dicho recurso, ya que la ven como una fuente inagotable. Este no solo toca a las personas sino que también se suma las industrias, ya que muchas de estas hacen el uso de los recursos sin tener conciencia de que son fuentes finitas y que se le está haciendo un deterioro importante a los recursos, principalmente al hídrico. Para mitigar esto se implementaron una serie de normativas en donde se pretende realizar campañas para reglamentar que las industrias realicen un uso racional del agua. Mediante la Ley 373 de 1997, se establece el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua, además en esta Ley se dictan diferentes obligaciones para las autoridades ambientales y las empresas encargadas de prestar el servicio de acueducto, en el cual se les pide formular programas para el uso eficiente y ahorro del recurso hídrico en donde deben de estar enfocados principalmente en diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua. (Tobon M., S.f).

En Colombia se evidencia que las industrias que más consumen agua son las industrias del sector textil y la de papel, seguidas por la de alimentos y bebidas. Mientras que la industria del sector de las cerámicas se encuentra en un nivel medio en

cuanto al consumo de este recurso. En la *figura 2* se puede evidenciar el consumo del agua en las diferentes industrias de Colombia.

Figura 2. Consumo de agua en los diferentes sectores de la industria Colombiana.



Fuente: (Tobon M., S.f)

Gestión del agua en Locería Colombiana (CORONA):

En 1881 se crea en Antioquia, Colombia, la compañía “Cerámica Antioqueña” por el alemán Reinhold Paschke junto con otro grupo de inversionistas, dedicada a la producción de loza y vidrio. Los primeros 50 años de la empresa no fueron fáciles y en este periodo estuvo en manos de tres grupos distintos y cambio dos veces de razón social: primero “Fabrica de Lozas de Caldas” (1906) y luego a “Locería Colombiana” 1931. Es allí cuando la empresa queda bajo la dirección de la familia Echavarría Olózaga, y Locería Colombiana empezó a crecer y a consolidarse como la empresa

ejemplar que es hoy. En 1948 se inició una rápida expansión de los negocios con la creación de nuevas empresas, cuyo conjunto se convirtió en lo que hoy se conoce como ORGANIZACIÓN CORONA

En la década de los 90 el país entra en un proceso de apertura económica y con el se evidencia un aumento importante en la oferta de producto de vajillería importada. El año de 1997 al interior de la compañía se da inicio a un trabajo para orientar la Compañía hacia una cultura de procesos y calidad, diez años después se inician las capacitaciones para trabajar bajo la metodología de TPM (Mantenimiento Productivo Total), comenzando con 5 equipos piloto. En 2014 la Vajillas Corona realiza avances significativos en la metodología TPM, adaptándola a las necesidades y objetivos de la compañía, de este modo logra un aumento considerable en la disponibilidad y rendimiento de las máquinas. (Vajillas Corona, s.f.).

Información general de la empresa

Misión:

Satisfacemos las expectativas y necesidades de ambiente para la mesa, a través de productos de vajillas, de la más bella funcional combinación de elementos, colores y formas, que hacen más placentero presentar y servir los alimentos. Desarrollamos una alta capacidad de servicio que expresamos en un acompañamiento experto a nuestros clientes en la comercialización de productos innovadores, diferenciados y con una excelente relación costo/beneficio, resultado de una operación eficiente.

Nos comprometemos con el desarrollo humano y construimos el sentido de nuestro trabajo con ética, integridad y una visión positiva del futuro.

Respondemos adecuadamente a las expectativas de los accionistas y contribuimos al desarrollo económico y social de la comunidad donde operamos, y al mejoramiento del medio ambiente. (Vajillas Corona, s.f.).

Visión:

En Vajillas Corona trabajamos cada día para ser mejores, por eso nuestro reto para el 2015 es ser la más grande empresa de vajillas de América Latina y la número uno o dos en los mercados regionales que servimos. El 70% de nuestros ingresos provendrá de actividades en los mercados externos. Realizar nuestros sueños, es el desafío de cada día, por eso todas las personas comprometidas con esta causa nos sentimos orgullosas de la labor que cumplimos. (Vajillas Corona, s.f.).

Actividad económica de la empresa

- ✓ Actividad económica principal: Diseño, Producción, y distribución de vajillería semivitrificada y vitrificada.
- ✓ Actividad económica secundaria: Distribución de cristalería y productos referentes a la mesa servida.

El consumo de agua en locería colombiana es de vital importancia ya que para lograr el producto final es indispensable el uso de este recurso en sus diferentes procesos. Desde el 2010 se ha venido implementando la gestión ambiental como parte de la política integrada de Locería Colombiana; y uno de los más importantes aspectos donde ha venido trabajando es el consumo de agua. Inicialmente la gestión en cuanto a uso eficiente y ahorro de agua se dio para obtener unos beneficios económicos. En la actualidad, se evidencia esta adecuada gestión, ya que pasaron de consumir 15.000 m³

a 4.500 m³ al mes. La gestión ambiental de Icería colombiana se implementa de acuerdo al modelo TPM, por sus siglas en inglés.

El TPM está basado en un sistema corporativo en el cual todo el sistema productivo maximiza la eficiencia, logrando así la reducción de pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye "cero accidentes, cero defectos y cero fallos" en el ciclo completo de vida del sistema productivo. Este se establece en todos los sectores, desde producción y desarrollo hasta departamentos administrativos. El TPM se fundamenta en la participación de cada uno de los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. El alcance de cero pérdidas se da a través del trabajo de pequeños equipos (PE). (Sanchez Pérez & Lozada Arias , 2013).

El Modelo trabaja con una estructura de 8 pilares, cuyos líderes capacitan, entrenan y en conjunto dirigen las actividades de los pequeños equipos de la planta, estos a su vez tienen la responsabilidad de orientar y capacitar a los integrantes de los pequeños equipos en cada una de las materias que comprenden. Los pilares que comprende TPM son: seguridad; mantenimiento autónomo; mantenimiento planeado; mejoras enfocadas; educación y entrenamiento; calidad; gestión temprana; y ambiental.

TPM enfocado a la gestión ambiental:

Política:

Prevenir y controlar los aspectos e impactos ambientales generados por los procesos manufactureros de generación de vajillas, para ello, planificamos nuestra gestión e implementamos planes de manejo

ambiental, acordes con la legislación, regulaciones ambientales aplicables y requerimientos de las partes interesadas. (Vajillas Corona, Sf)

En la actualidad los diferentes proyectos que se tienen en Locería para el ahorro y uso racional de recurso hídrico, aparte de estar alineados con una disminución en los costos, también se orientan a con la protección del medio ambiente y la responsabilidad social empresarial. Dentro de la gestión ambiental se tiene una meta en cuanto al consumo de agua en toda la planta; anual, mensual y diaria.

Tabla 1. Metas en el consumo de agua en Locería Colombina.

META	CONSUMO
Meta anual	51.240 m ³
Meta mensual	2.740 m ³
Meta diaria	140 m ³

De igual manera para cumplir la meta global o estar por debajo de ella se han estado trabajando con el proceso de 8 pequeños equipos (PE) y con el proceso de atomizado. Esto para obtener una disminución en el consumo de agua que venían presentando, y para lograrlo, se parte de una línea base hasta llegar a una meta en cada equipo.

En la *Tabla 2* se presenta el consumo de agua en cada uno de los 8 PE y la meta mensual que se quiere obtener.

Tabla 2. Línea base y meta esperada en el consumo de agua.

PE	LB (m ³ /mes)	META (m ³ /mes)
Elegidos	60,00	50,00
Nuevo Impacto	63,00	30,00
Águilas	240,00	160,00
Escoltas	120,00	90,00
Alabes	540,00	340,00
Aplicados	71,00	54,00
Prisma Student	61,60	47,60
Torre de enfriamiento/Conquistadores	510,00	5,40
TOTAL	1.665,60	777,00

El cumplimiento de dichas metas genera un ahorro tanto en el recurso hídrico como en costos operacionales al usar menos m³ de agua. En algunos de ellos se hizo una inversión para poder lograr la meta, pero en la mayoría se hace un trabajo aplicando las buenas prácticas de ingeniería (BPI), donde no se hace una inversión directa de dinero pero se logra el ahorro tanto en lo económico como en el consumo de agua.

En la *Tabla 3* se presenta los ahorros, tanto en el consumo de agua como en lo económico, y las inversiones realizadas. (Para efectos de cálculos se toma un valor de

referencia de \$2.200/m³, el cual es un valor promedio que se factura a EPM por metro cubico de agua consumido)

Tabla 3. Ahorro en consumo de agua, en dinero y la inversión realizada.

PE	Ahorro (m³/mes)	Ahorro (\$/mes)	Ahorro (\$/año)	Inversión (\$)
Elegidos	10,00	22.000,00	264.000,00	BPI
Nuevo Impacto	33,00	72.600,00	871.200,00	BPI
Águilas	80,00	176.000,00	2'112.000,00	5'700.000,00
Escoltas	30,00	66.000,00	792.000,00	BPI
Alabes	200,00	440.000,00	5'280.000,00	2'200.000,00
Aplicados	17,00	37.400,00	448.800,00	BPI
Prisma Student	14,00	30.800,00	369.600,00	BPI
Torre de enfriamiento/Conquistadores	504,60	1'110.120,00	13'321,440,00	1'700.000,00
TOTAL	888,60	1'954.920,00	23'459.040,00	9'600.000,00

Las inversiones se hicieron a mediados del mes de enero de 2016, donde se cambiaron tuberías, válvulas y cajas de agua. Un motivo por el que se hizo esta modificación, fue debido a que se obstruían las tuberías con el sedimento de la pasta en el proceso de forjado y se necesitaba de gran cantidad agua para limpiar las tuberías. Con este cambio se evidenció la disminución en el consumo de agua en los equipos donde se realizó la inversión (águilas y alabes). Mientras que en la torre de enfriamiento se encontraron conexiones herradas donde no se estaba cumpliendo el ciclo cerrado y se estaba desperdiciando agua potable; a inicios del mes de febrero de 2016 se corrigió esta conexión, lo cual se reflejó en la disminución en el consumo de agua de la torre.

En la *Tabla 4* se muestran los consumos de agua en cada uno de los PE, después de implementar los procesos anteriormente descritos en el periodo de enero a mayo de 2016.

Tabla 4. Consumo de agua después de la implementación de las medidas de ahorro.

PE	Ene (m³)	Feb (m³)	Mar (m³)	Abr (m³)	May (m³)
Elegidos	33.856	51.22	81.082	79.251	61.574
Nuevo Impacto	63	63	63	63	63
Águilas	130	111	129	140	146
Escoltas	130.671	129.087	143.929	135.879	113
Alabes	280.756	308.7	296.375	228.084	200.939
Aplicados	71.00	81	95	86	71
Prisma Student	49	50	60	52	43
Torre de enfriamiento/Conquistadores	372.00	7	49	122	58
TOTAL	1,130.28	801.01	917.39	906.21	756.51

NO CUMPLE LA META



CUMPLE LA META



Tabla 5. Consumo de agua comparado con la meta establecida.

PE	ENE (%)	FEB (%)	MAR (%)	ABR (%)	MAY (%)
Elegidos	32.3	-2.4	-62.2	-58.5	-23.1
Nuevo Impacto	-110.0	-110.0	-110.0	-110.0	-110.0
Águilas	18.8	30.6	19.4	12.5	8.8
Escoltas	-45.2	-43.4	-59.9	-51.0	-25.6
Alabes	17.4	9.2	12.8	32.9	40.9
Aplicados	-31.5	-50.0	-75.9	-59.3	-31.5
Prisma Student	-2.9	-5.0	-26.1	-9.2	9.7
Torre de enfriamiento/Conquistadores	-6788.9	-29.6	-807.4	-2159.3	-974.1

Porcentaje de aumento en consumo de agua



de agua

Porcentaje de disminución en consumo



Resultados

Enero y febrero

Los cambios y mejoras implementadas en desarrollo de la práctica empresarial, muestran que en los equipos donde se hizo una inversión inicial (*alabes, águilas y conquistadores*) la cual fue de 9'600.000,00 se obtuvo una disminución notable en el consumo de agua potable, alcanzando una eficiencia del 46,79%, en los dos primeros meses del año. En el mes de enero el equipo denominado *Elegidos*, se mantuvo por debajo de la meta y en el mes de febrero no se cumplió el objetivo de estar debajo de dicha meta, ya que se presentó un daño en una electroválvula, el cual es un dispositivo encargado de controlar el flujo de agua para realizar el pulido de los platos, activándose mediante un sensor. Al no estar esta válvula en funcionamiento, se desperdicia agua aun cuando no se esté puliendo el plato, y, por ello, se aumenta el consumo de agua.

En los equipos *Escoltas y Aplicados* es donde se evidencia el trabajo más complejo para lograr la meta. En estos se lleva a cabo el proceso de esmaltado de los platos loza y porcelana respectivamente; en total son 5 esmaltadoras. El punto crítico lo tiene la lavada de cada una de ellas, ya que se está consumiendo en cada lavada alrededor de 5m³ de agua. Cuando el esmalte que se está usando es de color, a la hora de lavar la esmaltadora se incrementa el consumo de agua hasta en 10 m³, Lo que se pretende con este equipo es aplicar las buenas prácticas de ingeniería en el lavado de estas máquinas, donde se utilice máximo 1.5 m³ de agua por lavada; una reducción en el consumo de agua de un 85%. Las lavadas varían según la producción o el esmalte que se desee aplicar, pero como mínimo, por motivo de mantenimiento de la máquina, se debe de realizar la lavada de la esmaltadora una vez a la semana; en

muchas ocasiones la esmaltadora se debe lavar 2 o 3 veces por semana. Con este mínimo consumo de agua, se lograría la meta mensual de estos pequeños equipos y se obtendría un ahorro significativo. En estos meses se realizó seguimiento a la cuadrilla encargada de lavado, se hace una retroalimentación de cómo realizar las lavadas usando *la menos cantidad de agua posible*, logrando un lavado óptimo y adecuado. Luego se establece un estándar de limpieza que se pueda aplicar a todas las esmaltadoras.

Otro pequeño equipo es el *Prisma student*, el cual se encarga de la impresión para la decoración que llevara las vajillas. Este equipo presenta un problema similar al de las máquinas anteriores, pero ya generado en el lavado de las placas shablon; estas placas son las plantillas que contiene la tinta y la figura que se desea plasmar en la vajilla. Cada placa al ser lavada gasta una cantidad abundante de agua, estimándose por cada una de ellas un consumo del orden de 21 litros y se estaba buscando la forma de aplicar un método de limpieza óptimo en donde se garantice un adecuado lavado con menos agua y se consuma como máximo 17 litros por placa. Finalmente está el pequeño equipo llamado *Nuevo Impacto* el cual no contaba con medidor de agua. La línea base de dicho equipo se determinó mediante un aforo volumétrico, para el mes de abril se estimó que se tendría el contador de agua y se podría saber cuál es el consumo real de agua en este equipo y así saber si cumplían o no la meta establecida.

Marzo y Abril

En los meses de marzo y abril se evidenció un aumento notorio en el consumo de agua en diferentes pequeños equipos, por ende en el total el consumo de agua en estos meses fue mayor con respecto al mes de febrero. En estos meses al igual que

los meses anteriores se evidencia que el equipo *Águilas* y el equipo *Alabes* siguen cumpliendo la meta; a pesar de que el equipo *Águilas* aumentó en un 10% aproximadamente el consumo de agua pero sigue por debajo de la meta. Algo a resaltar es la disminución en el equipo de *Alabes*, pasando de un 9% a un 32% en disminución de consumo de agua, debido a las modificaciones realizadas a la maquinaria, principalmente por la instalación de electroválvulas para controlar el flujo de agua al pulir cada plato.

El equipo *Elegidos* continuó en el mes de marzo con la electroválvula averiada. Para finales del mes de abril este problema fue solucionado y así se dio la disminución en el consumo de agua. El pequeño equipo *Nuevo Impacto* para estos meses seguía aun sin el contador, ya que para la compra de esta objeto se debe de seguir una serie de procedimientos con el almacén y el proveedor, por ende, tardó un poco de tiempo contar con dicho elemento. Asimismo se debió de coordinar el mantenimiento de la máquina para realizar el montaje. Dicho montaje se realizó al finalizar el mes de abril, pero se tuvo que desmontar, ya que el contador de consumo de agua no estaba en buenas condiciones, debiéndose reemplazar por uno nuevo.

En el equipo *Prisma Student* se evidenció un aumento del consumo de agua en el mes de marzo, pero disminuyó en el mes de abril. La diferencia se presentó por un cambio en el operario principal; ya que el nuevo operario realiza el lavado de placas con menor cantidad agua; pero aun así, continuó sin cumplir la meta establecida.

En los equipo donde se hace la esmaltada de Platos loza y porcelana como son *Escoltas* y *Aplicados* respectivamente, se dio un aumento en el consumo de agua. La

cuadrilla encargada del lavado de estas esmaltadoras hizo una serie de modificaciones en la forma de realizar el lavado para así disminuir el consumo de agua; este nuevo procedimiento de lavado comenzó a funcionar de buena manera hasta que se evidenció que se estaba haciendo una lavada defectuosa ya que partes del sistema de atomizado quedaba con alta carga de esmalte impregnado, y, para corregir esto y hacer una lavada más profunda, se debió utilizar más cantidad de agua. En estos meses se estaba validando nuevas formas de lavado que no genere ningún inconveniente en el sistema.

Mayo

En este mes se logró cumplir con la meta total de los 8 pequeños equipos: 777 m³. Sin embargo, y de forma individual, hay equipos aun que no cumplen la meta de consumo de agua establecida inicialmente. La meta global se alcanzó por la significativa disminución de consumo de agua en ciertos equipos.

El equipo de *Alabes* obtuvo una disminución significativa en cuanto al consumo de agua, logrando una disminución del 40% con respecto a la meta. Este se dio gracias a una mejora que se hizo en la maquinaria, ya que se detectó un conducto que permitía el paso de agua frecuentemente para lavar el sedimento sobrante durante el proceso de pulido de los platos. Al detectar la fuga, se instaló una válvula, y ésta se abre solo una vez cada hora por 5 minutos para hacer la limpieza del sedimento.

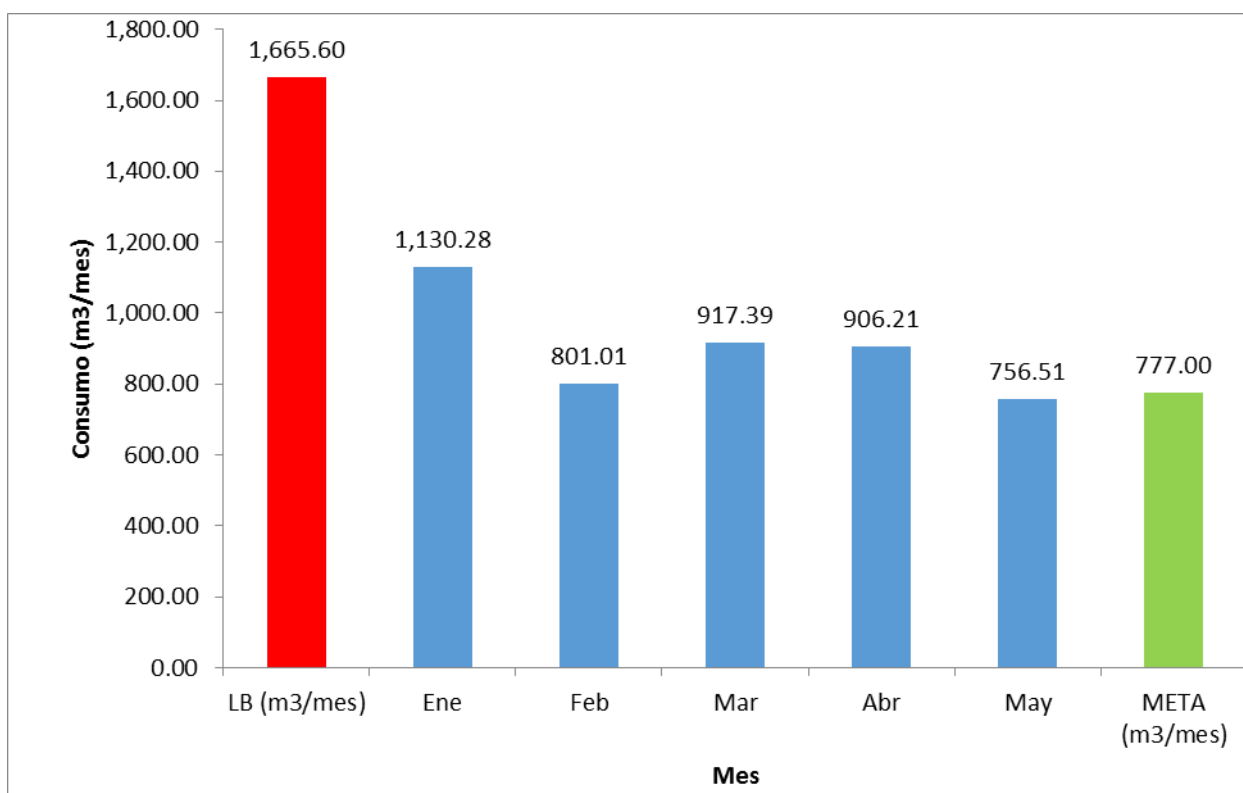
Con base en los datos de este mes, el equipo de *Prisma Student* cumplió la meta de consumo, lográndose la reducción mediante la mejora de la pistola de la hidrolavadora, al incorporar el encendido y apagado de la máquina.; Anteriormente se

hacía desde un switch (o interruptor) y en el recorrido para encender o apagar esta máquina se desperdiciaba agua.

El equipo de *Escoltas y Aplicados*, que son los encargados de las esmaltadoras, siguen sin cumplir la meta. No obstante se registró una disminución para este mes en el consumo, ya que se siguió con las lavadas normales y no se tuvo que utilizar más cantidad de agua para corregir o hacer lavadas más profundas. Por estos motivos fue que se logró la meta total de consumo de agua.

A continuación se muestra en la *figura 3* cómo es el ahorro en consumo global de agua en los pequeños equipos donde se lleva a cabo el proyecto.

Figura 3. Consumo de agua global de los pequeños equipos.



Atomizadores

El proceso de secado por atomización es una operación básica que consiste en la transformación de una suspensión o disolución en un material seco particulado, mediante la atomización del primero en un medio caliente y seco. El secado por atomización de gotas es utilizado en muchas aplicaciones industriales de los sectores cerámico, químico, alimentario, farmacéutico. (Mondragon, Julia, Barba, & Jarque, 2013).

El proceso de Atomizado de pasta en Locería Colombiana SAS, requiere de sistemas de control que sean altamente eficientes, dadas las necesidades del proceso y de calidad de pasta, como desde el punto de vista ambiental.

Que incluye el proyecto:

- Reincorporación de agua industrial por medio de un microcircuito que trabajara específicamente solo para los atomizadores.
- Suministro de agua y sistema de bombeo que garantice una presión entre 60 – 80 psi.

Qué no incluye el proyecto:

- Calidad de agua potable
- Modificación en los lavadores.
- No se utilizara la red principal de agua industrial.

Otros Beneficios Esperados:

- Reducción y uso racional del agua potable (EPM).
- Reducción de la huella hídrica de Compañía.

- Fortalecimiento de la cultura ambiental en colaboradores.

META: 0 m³/mes de agua potable al mes.

MÉTRICA: Reducción consumo de agua (m³/mes).

INDICADOR: Consumo de agua (m³/mes).

LÍNEA BASE: 700 m³/mes.

Información Específica Del Proyecto:

- Potencia bomba= 3 HP- 2235 W.
- Horas de trabajo al día de bomba= 24h.
- Días de trabajo en la semana= 7d.
- 53,64 KWH/día.
- 1448,28 kwh/mes.
- 229 \$/kwh.
- 331.656 \$/mes.
- Diámetro Tubería= 2 pulgadas.
- Caudal= 700 m³/mes.
- Presión= 60 – 80 psi.
- Volumen de la tina= 2 m³.
- Agua industrial

Funcionamiento:

El sistema de abastecimiento de agua para este proyecto en los atomizadores, será totalmente independiente a la red de distribución de agua industrial de toda la

planta. Este sistema contara con una tina en la cual siempre tendrá un nivel de agua determinado que garantice el adecuado funcionamiento de la bomba. El mencionado nivel se regula con un flotador, en donde al momento de necesitar que aumente el volumen de agua en la tina, éste activa y detiene el llenado cuando alcance el volumen necesario, indispensable para mantener la presión de bombeo y abastecimiento de agua los lavadores.

El sistema de suministro estará en funcionamiento mientras se encuentren funcionando los atomizadores. Este sistema tiene un montaje eléctrico que permite al momento de encender los atomizadores, activar automáticamente la bomba, para así poder tener el abastecimiento de agua necesario.

Contingencia:

En caso de presentarse una falla en el sistema de abastecimiento se procederá a utilizar el agua de EPM. Además Se tiene planeado igualmente tener a disposición otra bomba, en caso tal de presentarse un daño.

Flujo De Caja Del Proyecto:

Tabla 6. Cantidad de agua en m³ y en \$.

consumo de agua al mes (m³/mes)	\$/m³	Ahorro \$/mes
700	\$2338	\$1.636.600

La cantidad de agua de EPM que se consume mensual en los atomizadores son 700 m³. Cada metro cubico de agua está alrededor de \$2338; con la cantidad de agua de EPM que se va a dejar de utilizar se obtiene un ahorro de \$1.636.600.

Tabla 7. Consumo de energía de la bomba en el mes.

Consumo de energía al mes (kwh/mes)	\$/kwh	Consumo \$/mes
1448,28	\$229	\$331.656

La bomba tiene un consumo mensual de 1248,28 Kwh; el precio de kwh es de \$229 por ende el funcionamiento de la bomba en todo el mes tiene un costo por consumo de energía de \$331.656.

Tabla 8. Ahorro neto mensual

Consumo \$/mes	Mantenimiento mensual del sistema	Ahorro en agua mensual \$/mes	Ahorro neto mensual \$/mes
\$331.656	-\$300.000	\$1.636.600	\$1.004.944

El ahorro que se tiene dejando de consumir agua de EPM, menos lo que cuesta en energía el funcionamiento de la bomba y un mantenimiento que se hará mensual el cual se estima con un precio de \$300.000; se obtiene un ahorro neto de \$1.004.944

Tabla 9. Costo del montaje del sistema.

Montaje	
Reparación Tina	\$262.800
Montaje General	\$4.518.399
Montaje Electrico	\$2.480.000
Total	\$7.261.199

Se realizó la cotización del montaje del sistema en los atomizadores con los contratistas de Locería Colombiana y tiene un precio de \$7.261.199

Tabla 10. Recuperación de la inversión.

Ahorro neto mensual (\$/mes)	Inversión	Recuperación Inversión (meses)
\$1.004.944	\$7.261.199	7,2 meses

Con el ahorro neto obtenido cada mes, se estima que en 7,2 meses se está recuperando lo invertido en el montaje del sistema que fue de \$7.261.199

Presión de agua de epm en los atomizadores:

La presión del agua en los lavadores es de gran importancia a la hora de la producción de pasta atomizada, ya que una variación drástica en esta presión puede generar cambios de humedad en la pasta, desembocando en problemas a la hora de la formación del plato de porcelana. Para ello, los Atomizadores 1 y 2 disponen de un sistema de lavador de material particulado fino que cumple dos funciones: a) garantizar la estabilidad del proceso y regular las condiciones de humedad de la pasta y b) mitigar y controlar la emisión de material particulado hacia la atmosfera, dentro de los límites permisibles contemplados en la Res 909 de 2008.

Es por esto que se hace un estudio previo para conocer el comportamiento de la presión de agua que venía llevando los atomizadores. Esta presión se espera que tenga un comportamiento constante y en un intervalo de 80-90 psi. Para esto se instalan dos manómetros en la entrada de los lavadores; la toma de datos se llevó acabo por parte de los operarios de dicho sistema y se hace cada 2 horas cuando el atomizador esta encendido.

Para los atomizadores uno y dos, se registraron 76 y 114 datos respectivamente en los diferentes periodos del día en los que hubo operación (mañana, tarde, noche y madrugada). La información se obtuvo entre el 10 y el 24 de junio de 2016. 26 registros del atomizador uno están dentro del rango óptimo de presión; mientras que el atomizador 2 cuenta con 80 registros dentro del rango óptimo de presión. En las *Figura 4 y Figura 5* se muestra el comportamiento de la presión de agua potable mientras el atomizador está en funcionamiento. Al mismo tiempo que se toman los datos de presión se hacen pruebas a la pasta para conocer su humedad. En las *Figuras 6 y Figura 7* se muestran los resultados de dichas pruebas, esta humedad cuenta con dos rangos, un rango permisible y un rango óptimo; la mayoría de datos que se obtuvo en ambos atomizadores se encuentra en el rango óptimo.

Figura 4. Presión de agua en el lavador del atomizador No. 1

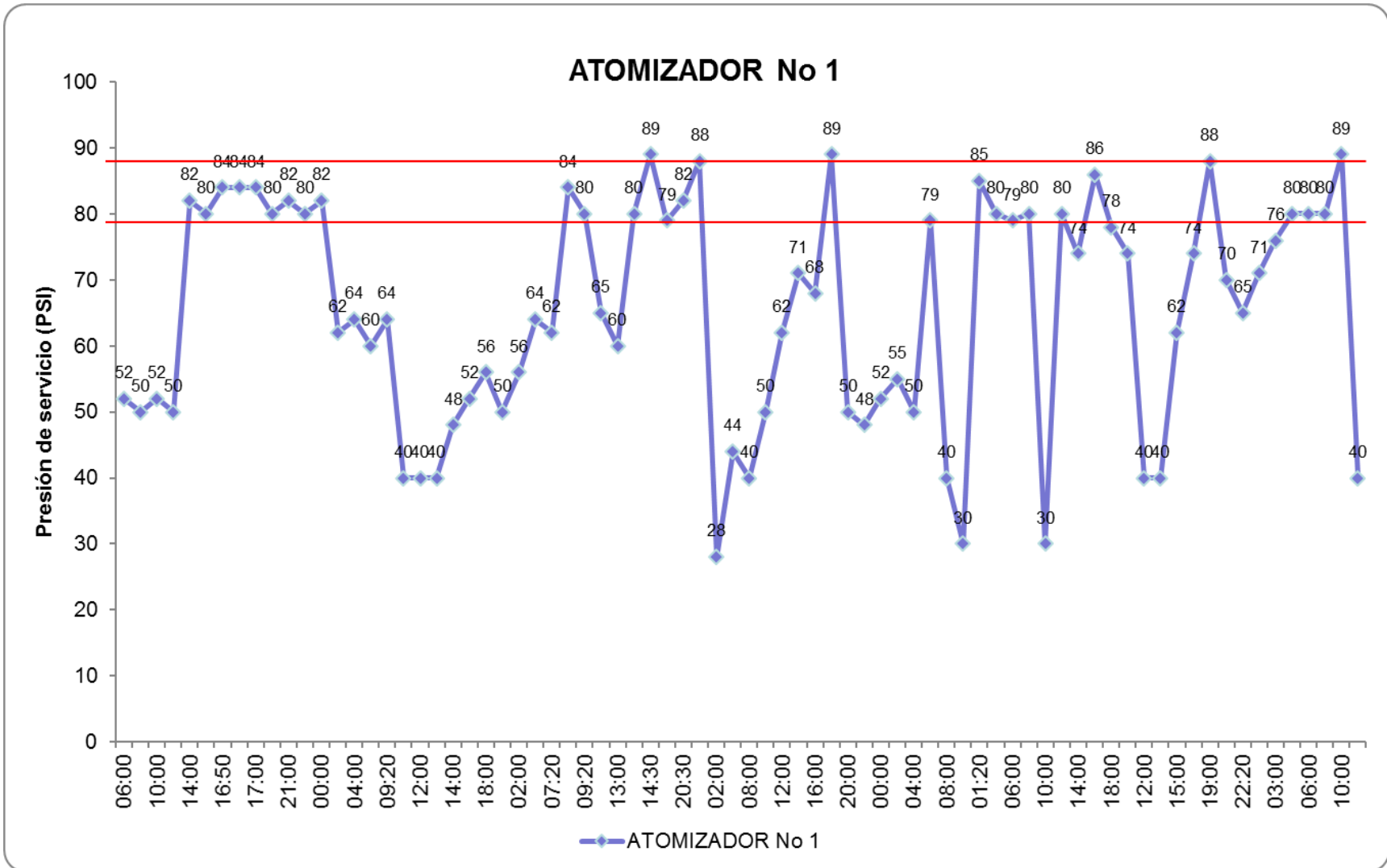


Figura 5. Presión de agua en el lavador del atomizador No. 2

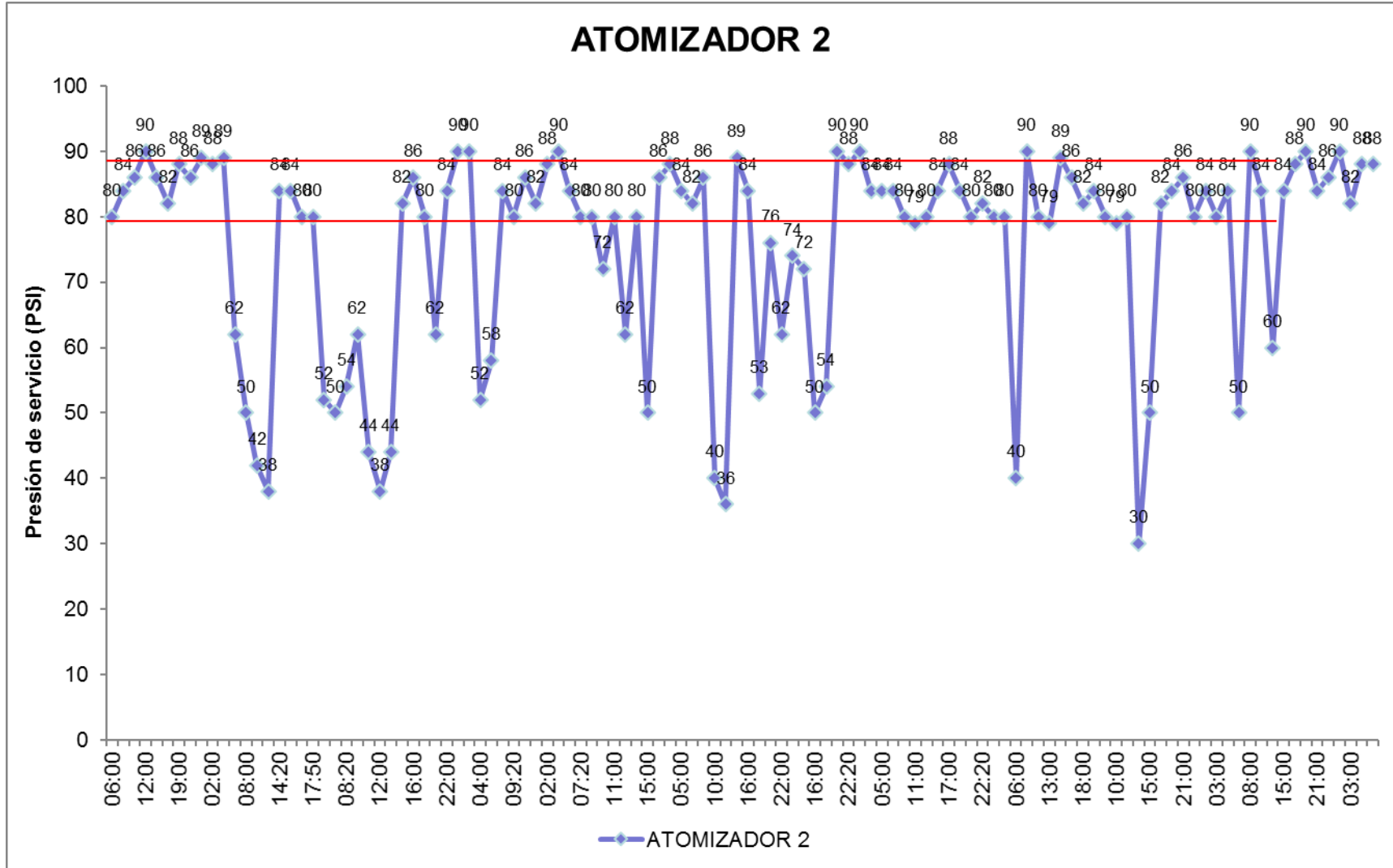


Figura 6. Porcentaje de húmedas de la pasta del atomizador No. 1

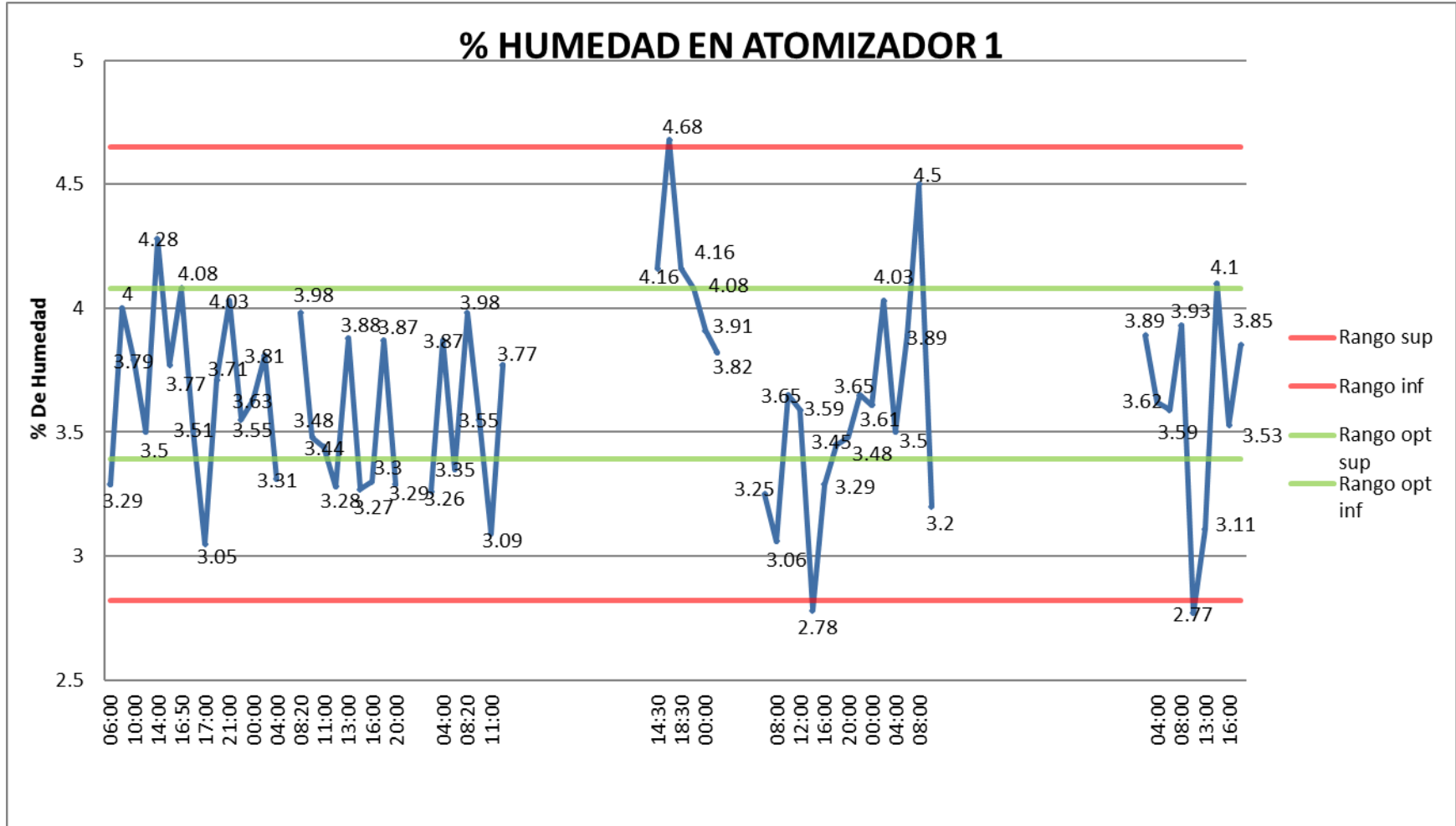
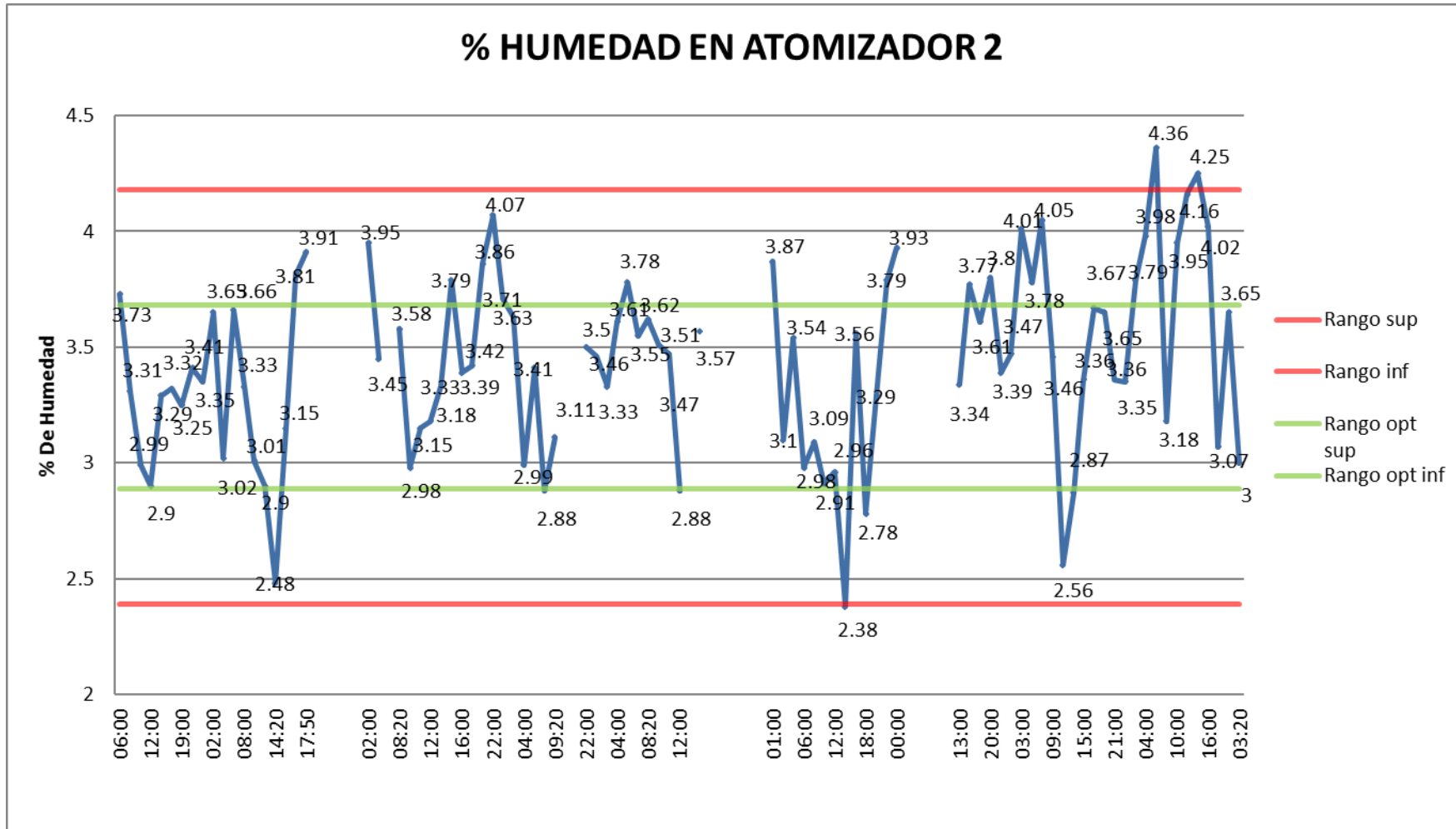


Figura 7. Porcentaje de húmedas de la pasta del atomizador No.

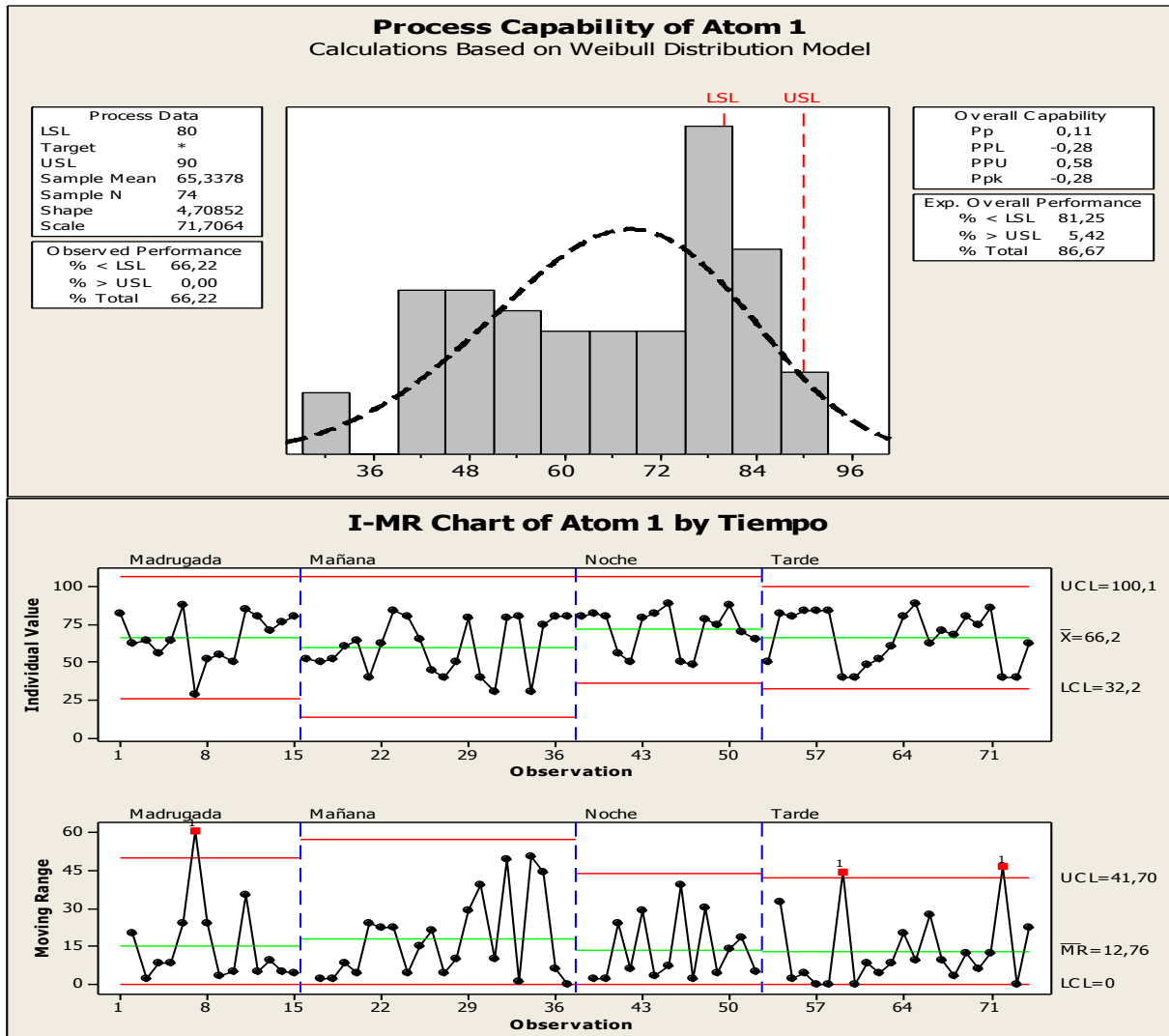
2



Análisis De La Información

A partir de la información recopilada, se efectúa un análisis estadístico, el cual nos brindara información para determinar la media de los datos obtenidos y para observar si tienen a distribución normal. Para el efecto, se emplea el programa minitab.

Figura 8. Análisis estadístico de la presión en atomizador No. 1. (Programa: Minitab)

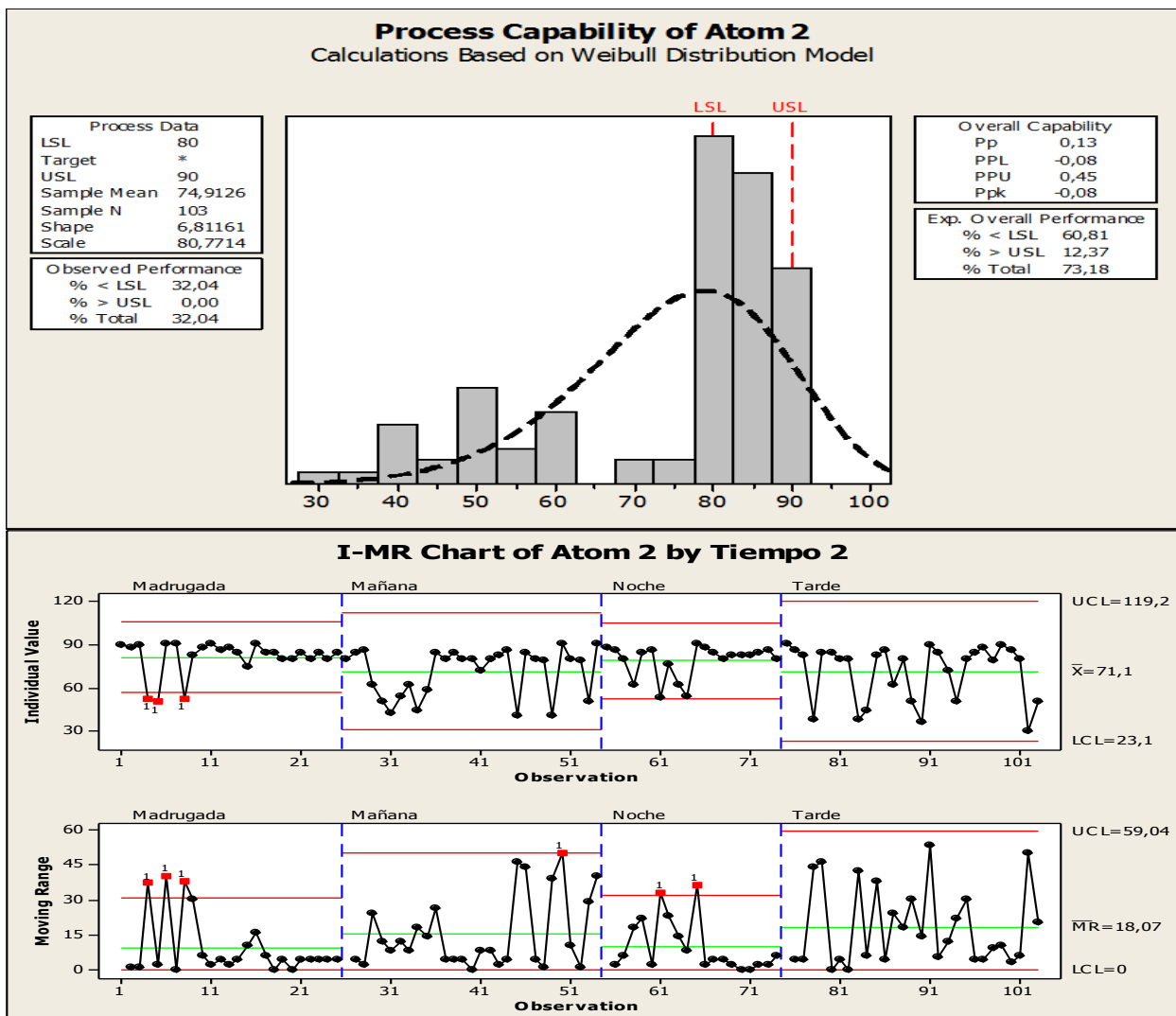


Como resultado del análisis estadístico, se determina que las observaciones no presentan una distribución normal. ($Pp= 0,11$); para que sea normal debe ser próximo o igual a 1.

El 81,25 % de las observaciones se encuentran por fuera del límite inferior (80 PSI), lo cual indica que este es un proceso que no garantiza el cumplimiento del rango adecuado de presión.

La media de los datos del atomizador 1 se encuentra en 66,2 y oscila en un límite inferior de 32,2 y máximo 100,1.

Figura 9. Análisis estadístico de la presión en atomizador No. 2. (Programa: Minitab)



Los resultados indican que las observaciones no presentan una distribución normal. ($Pp= 0,13$); para que sea normal debe ser próximo o igual a 1.

El 60,81 % de las observaciones se encuentran por fuera del límite inferior (80 PSI), lo cual indica que este es un proceso que no garantiza el cumplimiento del rango adecuado de presión.

La media de los datos del atomizador 2 se encuentra en 71,1 PSI y oscila entre un límite inferior de 23,1 y máximo 119,2 PSI.

Conclusiones del análisis estadístico en atomizadores

1. Ninguna de las distribuciones generadas para los Atomizadores presentaron comportamientos normales.
2. Las variaciones se registran principalmente entre la mañana y la noche.
3. En la tarde y la madrugada se registran la mayoría de datos dentro del rango de presión de servicio (80-90 PSI).
4. Se presenta una mayor variación en la presión de servicio del Atomizador No 1, respecto del Atomizador No 2.
5. La media de presión de servicio de agua potable es mejor en el Atomizador No 2 que en el Atomizador No 1. Sin embargo, ninguno de los dos se encuentra dentro del rango especificado.
6. Entre las posibles causas de la variación se encuentra la demanda de consumo de agua potable de los procesos: beneficio de arcillas y torre de enfriamiento.

7. Otra de las causas se asocia con la altura a la que se encuentran los lavadores, afectándose la presión del servicio por la cercanía a la línea de energía del acueducto y a las pérdidas locales que existen en el sistema.

8. La humedad de la pasta se comporta de manera estable y se mantiene con mayor frecuencia en el límite óptimo que debe de humedad.

9. A pesar de la variación de presión, la humedad de la pasta es la adecuada para la producción, por ende se deduce que la presión tiene poca incidencia en este factor.

Propuesta final del montaje en atomizadores

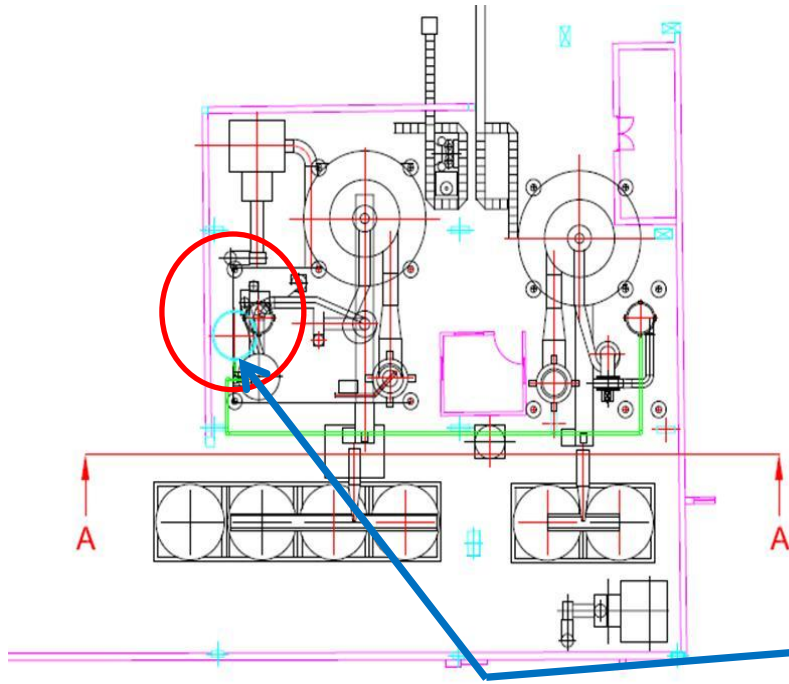
La propuesta de mejora consiste en la creación de un microcircuito de ARI (Agua Residual Industrial) que alimente directamente el sistema de Atomizadores. El sistema funcionaría de la siguiente forma:

1. Micro red de agua residual industrial, independiente de la red de abasto de la planta.
2. Tina para garantizar un volumen constante de 2.000 litros en fibra de vidrio reforzado.
3. Sistema de control de flujo y nivel del agua con flotador. Regula el flujo en los momentos de consumo.
4. Bomba de flujo continuo eléctrica con regulación de presión por by-pass. Potencia 3 HP

5. Instalación de red de agua potable, para asistencia durante posibles contingencias.

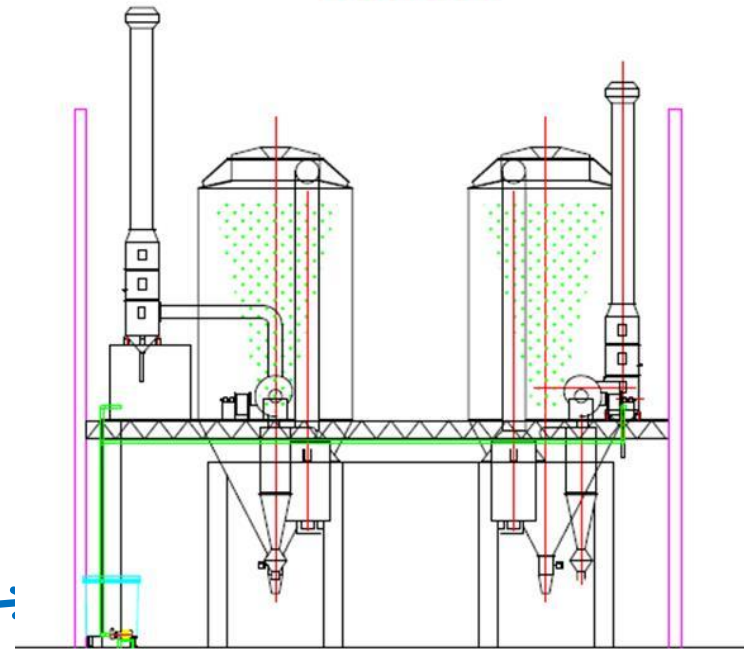
6. Instalación eléctrica al sistema de atomizadores para que su funcionamiento esté articulado con la operación de los Atomizadores.

Esquema del montaje en atomizador



- Tina de 2,000 litros con sistema de alimentación mediante tubería independiente y bomba eléctrica de flujo continuo.

VISTA A-A



- Puntos de alimentación de ARI. Se conserva la entrada de agua potable EPM

Referencias

- Lopez Arias , E. A. (2009). *“El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación.* Tesis de Doctorado, PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, Cundinamarca, Bogota. Obtenido de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/Tesis262.pdf>
- BBC, iWonder. (19 de Marzo de 2015). *BBC.* Obtenido de http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/08/140821_tierra_agua_escasez_finde_dv
- Casas Forero, A. M. (2012). *Estimación del consumo requerido de agua para un subsector del sector agroalimentario de la ciudad de Bogotá.* Universidad Nacional De Colombia., Bogota. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/6498/1/300013.2012.pdf>
- CRA. (17 de Mayo de 2016). *Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA.* Obtenido de <http://www.cra.gov.co/es/novedades/noticias/23739-conoce-el-nuevo-consumo-b>
- Gomez Gomez, M., Danglot Banck, C., & Vega Franco, L. (Noviembre-Diciembre de 2010). Disponibilidad de agua para la salud y la vida. Lo que todos debemos saber. *Revista Mexicana De Pediatría*, 77(6), 260-270. Recuperado el 28 de Febrero de 2016, de <http://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-2010/sp106f.pdf>
- Mondragon, R., Julia, J. E., Barba, A., & Jarque, J. C. (2013). *El proceso de secado por atomización: formación de gránulos.* Obtenido de <http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/82688/60841.pdf?sequence=1>
- Ojeda B., E. O., & Arias Uribe, R. (s.f). *Agua para el siglo XXI para America del Sur.* Obtenido de <http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23345/inco00200.pdf>
- ONU. (2011). *Agua e industria en la economía verde.* Zaragoza. Recuperado el 30 de Marzo de 2016, de http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/green_economy_2011/pdf/info_brief_water_and_industry_spa.pdf
- Parra Pumahuayca, F. E. (2015). *Instalación de equipos aplicado las buenas prácticas en manufactura en una industria farmacéutica.* Lima. Obtenido de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/4150/1/Parra_pf.pdf
- Porrás Gallego, H. (2012). *Crear cultura del agua en Antioquia, a proposito del dia mundial del agua, el dia 22 de marzo.* Antioquia, Medellin. Obtenido de http://www.antioquia.gov.co/antioquia-v1/PDF/CREAR_CULTURA_DEL_AGUA_EN_ANTIOQUIA.doc

Sanchez Pérez, D. A., & Lozada Arias, J. A. (2013). *Estructuración del mantenimiento productivo total (TPM) como herramienta de mejoramiento continuo en la línea de inyección de aluminio fabrica de motores y ventiladores siemens s.a.* Tesis profesional, UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, Cundinamarca, Bogotá. Obtenido de <http://www.udistrital.edu.co:8080/documents/138588/3159125/PROYECTO+DE+GRADO+TPM.pdf>

SASI Group (University of Sheffield) and Mark Newman (University of Michigan). (2006). *Agua para uso industrial*. Obtenido de http://www.worldmapper.org/spanish/325_industrial_water_es.pdf

Tobon M., O. L. (S.f). *Ahorro y uso eficiente del agua en la industria Colombiana*. Obtenido de <http://www.metropol.gov.co/estrategiapartambiental/Documents/Recurso%20H%C3%ADDRICO/Ahorro%20y%20uso%20eficiente%20del%20agua%20en%20la%20industria%20Colombiana.pdf>

UN WATER. (2015). *Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015*. Obtenido de http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf