

**EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONTROL ESTADÍSTICO PARA EL
PROCESO DE ENFRIAMIENTO CON CHILLER, EN PLANTA DE BENEFICIO
DE AVES PARA EL CONSUMO HUMANO EN PIMPOLLO S.A.S PEREIRA**

REMBRANTH GYOBANY CASTRO PABÓN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE MATEMÁTICAS
ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA
BUCARAMANGA**

2013

**EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONTROL ESTADÍSTICO PARA EL
PROCESO DE ENFRIAMIENTO CON CHILLER, EN PLANTA DE BENEFICIO
DE AVES PARA EL CONSUMO HUMANO EN PIMPOLLO S.A.S PEREIRA**

REMBRANTH GYOBANY CASTRO PABÓN

**Monografía para optar al Título de
ESPECIALISTA EN ESTADÍSTICA**

**DIRECTOR
GIAMPAOLO ORLANDONI MERLI**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE MATEMÁTICAS
ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA
BUCARAMANGA**

2013

***Al Padre en los cielos,
al Señor Jesús,
al Espíritu Santo,
a mis padres y familia
y a mi esposa e hija.***

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	20
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	22
2. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA	27
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	28
4. INTENCIONES DE MEJORAMIENTO PARA EL ÁREA DE ENFRIAMIENTO (ANTECEDENTES)	29
5. JUSTIFICACIÓN	30
6. OBJETIVOS	32
6.1. <i>Objetivo General</i>	32
6.2. <i>Objetivos Específicos</i>	32
7. MARCO TEÓRICO.....	33
8. DISEÑO METODOLÓGICO	44
9. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	46
9.1. <i>DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA DEL ESTADO DE OPERACIÓN DEL PROCESO DE ENFRIAMIENTO</i>	46
9.2. <i>ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD ACTUAL DEL PROCESO PARA CUMPLIR CON LA ESPECIFICACIÓN DE LA TEMPERATURA Y DECLARACIÓN SI EL PROCESO OPERA EN UN ESTADO DE CONTROL ESTADÍSTICO</i>	50

9.2.1	<i>Descripción de la característica de calidad analizando los subgrupos racionales del mes anterior</i>	50
9.2.2	<i>Estimación de la capacidad del proceso y declaración de su estado de precontrol</i>	51
9.3	<i>ANÁLISIS DE LAS CAUSAS EN EL PROCESO DE ENFRIAMIENTO</i>	52
9.4	<i>DECLARACIÓN DE LAS CAUSAS DE LOS INCUMPLIMIENTOS</i>	60
9.5	<i>ACCIONES PROPUESTAS PARA ALCANZAR EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA TEMPERATURA</i>	61
9.6	<i>ESTIMACIÓN DE UN ESTADO DE CONTROL ESTADÍSTICO PARA LA TEMPERATURA EN EL PROCESO DE ENFRIAMIENTO</i>	62
9.6.1	<i>Análisis fase I: Cálculo de los límites de control de prueba</i>	62
9.6.2	<i>Estimación de la capacidad del proceso</i>	69
9.6.3	<i>Estimación del tamaño de muestra y frecuencia de los muestreos para los subgrupos</i>	69
	CONCLUSIONES	71
	RECOMENDACIONES	73
	BIBLIOGRAFÍA	75
	WEBGRAFÍA	76
	ANEXOS	77

ANEXOS

Pág

ANEXO A Mediciones de la Temperatura del canal tomadas cada hora del mes anterior.....78

ANEXO B Muestras seleccionados para el cálculo de los límites de control86

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Situación del proceso de producción.	34
Tabla 2. Valores de C_p y su interpretación.....	42
Tabla 3. Estadísticas descriptivas para la temperatura del canal a la salida del Chiller.....	46

LISTA DE GRÁFICAS

Pág

Gráfica 1. Histograma para la temperatura del canal a la salida del Chiller.....	48
Gráfica 2. Diagrama de caja para la temperatura de la canal a la salida del Chiller.	48
Gráfica 3. Gráfico de probabilidad normal para la temperatura de la canal a la salida del Chiller.	49
Gráfica 4. Carta para la temperatura máxima por día.....	53
Gráfica 5. Carta de tolerancia para las mediciones individuales de temperatura en el día 19.....	54
Gráfica 6. Carta de tolerancia para las mediciones individuales de temperatura en el día 23.....	55
Gráfica 7. Carta de tolerancia para las mediciones individuales de temperatura en el día 24.....	56
Gráfica 8. Carta de tolerancia para las mediciones individuales de temperatura en el día 25.....	57
Gráfica 9. Carta de tolerancia para las mediciones individuales de temperatura en el día 28.....	58
Gráfica 10. Carta de tolerancia para las mediciones individuales de la temperatura en el día 30.....	59

Gráfica 11. Carta de tolerancia para las mediciones individuales de temperatura en el día 31.....	59
Gráfica 12. Resumen estadístico para los rangos.	63
Gráfica 13. Carta R en fase de precontrol para 235 datos.....	65
Gráfica 14. Carta R en fase de precontrol para 146 datos.....	66
Gráfica 15. Grafica de probabilidad normal para las temperaturas poblacionales de la media y el rango bajo control.....	67
Gráfica 16. Carta x para la temperatura en fase de precontrol.	68

LISTA DE FIGURAS

Pág

Figura 1. Etapas del proceso productivo en planta de beneficio.....25

LISTA DE ABREVIATURAS

C_p : índice de capacidad potencial

C_{pu} : índice de capacidad del proceso unilateral

LCL: límite de control inferior

LNTL: índice de tolerancia natural inferior

UCL: límites de control superior

UNTL: límites de tolerancia natural superior

LSL: límites de especificación superior

USL: límites de especificación inferior

GLOSARIO

ACCIÓN CORRECTIVA: cualquier tipo de acción que deba ser tomada cuando el resultado del monitoreo o vigilancia de un punto de control crítico, esté por fuera de los límites establecidos.¹

BENEFICIO DE ANIMALES: conjunto de actividades que comprenden el sacrificio y faenado de animales para consumo humano.

BUENAS PRÁCTICAS DE HIGIENE (BPH): todas las prácticas referentes a las condiciones y medidas necesarias para garantizar la inocuidad y salubridad de los alimentos en todas las etapas de la cadena alimentaria.

CANAL: el cuerpo de un animal después de sacrificado, degollado, eviscerado quedando sólo la estructura ósea y la carne adherida a la misma sin extremidades.

ENFRIAMIENTO: esta fase se encuentra regida por los mismos principios del escaldado, donde la diferencia es la temperatura del agua.

El enfriamiento se realiza en dos etapas: Pre enfriamiento: lavado de las carcasas e hidratación promedio en un 60% y enfriamiento final: disminución rápida de la temperatura corporal y finalización de la etapa de absorción de agua.

En el pre enfriamiento, utilizar temperaturas de agua alrededor del 26°C en adelante, favorece una mayor ganancia de peso, porque los poros de la piel donde se aloja el 25% de la hidratación final no se cierran rápidamente. Por tal motivo, la

¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de Gestión de la calidad: fundamentos y vocabulario. NTC-ISO 9001. Bogotá D.C.: El instituto, 2005. 36 p.

temperatura del agua empleada marca la pauta de la hidratación final obtenida.

Durante el enfriamiento, el agua debe estar en promedio próxima a 0°C, para que cumplido un tiempo de permanencia de unos 45 a 60 minutos, las carcasas salgan del Chiller con una temperatura corporal media de 2°C.

El porcentaje de absorción de agua dependerá en gran parte de la turbulencia de la misma y de la inmersión total de las carcasas durante esta etapa.

INVIMA: Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos.

LÍMITE CRÍTICO: el valor máximo o mínimo hasta donde un riesgo físico, biológico o químico tiene que ser controlado en un punto crítico de control para prevenir, eliminar o reducir a un nivel aceptable, el surgimiento del riesgo identificado a la inocuidad de la carne, productos cárnicos comestibles y derivados cárnicos.

MEDIDA PREVENTIVA: medida o actividad que se realiza con el propósito de evitar, eliminar o reducir a un nivel aceptable, cualquier peligro para la inocuidad de los alimentos.

PLANTA DE BENEFICIO ANIMAL (MATADERO): todo establecimiento en donde se benefician las especies de animales que han sido declarados como aptas para el consumo humano y que ha sido registrado y autorizado para este fin.

PLAN GRADUAL DE CUMPLIMIENTO: documento técnico presentado por los propietarios, tenedores u operadores de predios de producción primaria, plantas de beneficio, desposte o desprese y de derivados cárnicos, en el cual se especifica el nivel sanitario actual de cumplimiento frente a las disposiciones de este decreto y sus reglamentaciones y los compromisos para realizar acciones

que permitan lograr el cumplimiento total de la normatividad sanitaria durante el período de transición. Este documento debe ser presentado siguiendo los lineamientos que establece el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, y el Instituto Nacional de Vigilancia de Alimentos y Medicamentos, INVIMA, según su competencia, el cual debe ser aprobado por estas y será utilizado como instrumento de seguimiento para vigilancia y control.

PROCESO EN CONTROL ESTADÍSTICO O ESTABLE: estado de un proceso que trabaja sólo con causas comunes de variación. La variación a través del tiempo es predecible.²

PRODUCTO INOCUO: aquel que no presenta peligros físicos, químicos o biológicos que sean nocivos para la salud humana y que es apto para el consumo humano.

PUNTO CRÍTICO DE CONTROL: fase en la que puede aplicarse un control que es esencial para prevenir, eliminar o reducir a un nivel aceptable un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos.

RIESGO: es la probabilidad de que un peligro exista.

RIESGO A LA INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS: es la probabilidad de que exista un peligro biológico, químico o físico que ocasione que el alimento no sea inocuo.

SEIS M: hace referencia a las categorías sobre las que se observan las causas de los problemas, éstas son: materia prima, mano de obra, maquinaria, medio ambiente, medición y métodos.

² GUTIERREZ PULIDO, Humberto. Control estadístico de la calidad y seis sigma. 2 ed. México.: McGraw Hill, 2009. 184 p.

VARIACIÓN POR CAUSAS COMUNES: es aquella que permanece día a día, lote a lote y es aportada en forma natural por las condiciones de las Seis M.³

VARIACIÓN POR CAUSAS ESPECIALES: es causada por situaciones o circunstancias especiales que no están de manera permanente en el proceso.⁴

³ *Ibíd.*, p 184

⁴ *Ibíd.*, p 184

RESUMEN

Título: Evaluación del estado de control estadístico para el proceso de enfriamiento con Chiller, en planta de beneficio de aves para el consumo humano en Pimpollo S.A.S Pereira*

Autor: CASTRO PABÓN, Rembranth Gyobany **

Palabras claves: Control estadístico de procesos, control estadístico de la calidad, capacidad de procesos unilaterales, estado de control estadístico, carta de control para la media, carta de control para los rangos, sector avícola, planta de sacrificio y beneficio para aves.

Descripción: Este estudio evaluó el estado de control del proceso de enfriamiento con Chiller en planta de beneficio de aves de Pimpollo Pereira. Los resultados del análisis de capacidad realizado, indicaron que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones de calidad, encontrándose un índice de capacidad de 0,7, menor que el límite inferior de un índice de capacidad ideal, el cual se considera apropiado si éste es mayor a 1,0. Se estableció el estado de control para la variable temperatura en °C, donde la media del proceso bajo control es de 2,94°C, y la desviación estándar es de 0,54°C, con lo anterior se esperaba un porcentaje fuera de especificaciones de tan sólo el 0,006%. El escenario planteado bajo control es capaz de cumplir con las especificaciones, pues su índice de capacidad potencial unilateral de procesos normales es $C_{pu} = 1,28$.

También se detectó que la frecuencia de muestreo con la que opera actualmente la empresa no es apropiada, ya que al ser cada 60 minutos, se pueden llegar a muestrear elementos de lotes anteriores. Lo anterior trae repercusiones en los estadísticos de seguimiento como la media y desviación estándar. Por lo que se sugirió una frecuencia de muestreo igual al tiempo de ciclo promedio, es decir cada 90 minutos.

Se encontró que la empresa no es capaz de predecir una no conformidad relacionada a la temperatura del canal en el Chiller. Por otra parte, los datos son analizados hasta el siguiente día, mostrando que la empresa no tiene la capacidad de corregir una no conformidad en tiempo real.

* Monografía

** Facultad de Ciencias. Escuela de Matemáticas, Especialización en Estadística. Director: ORLANDONI MERLI, Giampaolo

ABSTRACT

Title: Assessment of statistical process control cooling with chiller in slaughterhouse of birds for human consumption in Pimpollo S.A.S Pereira.*

Author: CASTRO PABÓN, Rembranth Gyobany **

Keywords: Statistical process control, Statistical Quality Control, Unilateral process capability, Statistical status control, \bar{x} Control chart, R Control chart, Poultry sector, Slaughterhouse of birds.

Description: This study evaluated the status of process control in cooling with Chiller in slaughterhouse of birds for human consumption in Pimpollo S.A.S. Pereira. The capacity analysis results indicated that the process performed is unable to meet quality specification, being an index of ability of 0.7, lower than the lower limit of an ideal capacity index, which is appropriate if this is greater than 1.0. It established the state control for variable temperature in °C, where the mean of the process under control is 2.94°C, and the standard deviation is 0.54°C, with the above one would expect a percentage out of specification of only 0.006%. This scenario under control is able to meet the specifications, then its index of potential unilateral normal process is $C_{pu} = 1.28$.

It was also found that the sampling frequency with which the company currently operates is not appropriate, since being every 60 minutes, it can get to sample elements of previous batches. This brings impact on statistical monitoring as the mean and standard deviation. As suggested a sampling frequency equal to the average cycle time, is every 90 minutes.

It was found that the company is not able to predict a nonconformity related to temperature in the Chiller channel. Moreover, the data are analyzed until the next day, showing that the company does not have the ability to correct a nonconformity in real time.

* Monograph

**Faculty of Sciences, Mathematics School - Statistic Specialization. Director: ORLANDONI MERLI, Giampaolo.

INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos está obligada a garantizar el suministro seguro, saludable y abundante de productos alimenticios para su mercado final. Por lo tanto el sistema de inspección del sacrificio de los animales (ganado, aves, porcinos, etc.) que forman parte de la industria de alimentos, desempeña un papel importante para alcanzar esta meta.

Una de las herramientas utilizadas en el sector avícola, de interés fundamental en este trabajo y que garantiza mediante la evidencia objetiva, que el alimento se ha procesado adecuadamente, bajo parámetros de control y que por tanto, es apto para el consumo humano, es el *control estadístico de procesos*.

Para este estudio, la decisión de aceptar o rechazar la calidad del producto se basa únicamente en la muestra, ya que resulta económico, aporta información suficiente y agiliza el procesamiento.

En el control estadístico de procesos, en adelante CEP, se emplean representaciones gráficas conocidas como *gráficas de control* para monitorear el proceso. En este sentido, la pretensión es determinar si se puede continuar el proceso o si se deben tomar medidas correctivas para lograr el nivel de calidad deseado. El CEP permite entre otras detectar la presencia de causas especiales (asignables) de variación, reducir costos, mejorar calidad, cumplir especificaciones.

Específicamente este trabajo se centra en el punto de control crítico II que corresponde al primer enfriamiento del canal (pollo en proceso) luego de su sacrificio. En este punto se evaluará el estado de control de la variable temperatura.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 NOMBRE DE LA EMPRESA

Pimpollo S.A.S

1.2 ACTIVIDAD ECONÓMICA / PRODUCTOS Y SERVICIOS

1.2.1 Sector. Industrial

1.2.2 Subsector. Avícola

1.2.3 Actividad económica. PIMPOLLO S.A.S. se dedica al comercio avícola en todas sus áreas, especialmente en la producción, levante, engorde, proceso y comercialización de aves, así como la fabricación de alimentos avícolas y similares⁵.

1.2.4 Productos y Servicios

1.2.4.1 Línea Pollo Fresco. “La tradición y la experiencia de PIMPOLLO con más de 30 años en el mercado nacional son la carta de presentación para nuestra línea de pollo fresco”.

- Pollo entero (pollo entero adobado, pollo sin vísceras, pollo marinado sin vísceras, pollo marinado con vísceras)

⁵ Página oficial de Pimpollo S.A.S. [Online]. Disponible en:
http://www.pimpollo.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=136

- Despresado (pollo en presas marinado, rabadilla de pollo, contra muslos de pollo marinado, muslo de pollo marinado, alas de pollo marinadas pernil de pollo marinado, pechuga de pollo marinada, presas surtidas marinadas)
- Deshuesado y sin piel (muslo sin piel, filete de pechuga, pechuga sin piel)
- Vísceras (cabezas y pescuezos de pollo, patas de pollo, vísceras ordinarias de pollo, vísceras corrientes de pollo, vísceras finas de pollo, mollejas de pollo, corazones de pollo, hígados de pollo).

1.2.4.2 Línea de Carnes Frías.

- Refrigerado (salchichón de pollo, salchicha de pollo perrero, cervecero de pollo, salchicha maxi familiar, salchicha de pollo estándar, mortadela de pollo seleccionada, jamón de pollo ahumado)
- Congelado (pimporollo, hamburguesa de pollo, chorizo de pollo)

1.2.4.3 Línea de Pollo Adobado

“Deliciosos medallones, muslos, contramuslos, alas y bombones de pollo, previamente marinados en salsas BBQ, criolla y finas hierbas, empacados de forma individual para disponer la cantidad requerida a la hora de prepararlos, prácticos y para disfrutar al estilo de su gusto”.

- Pimpoalitas adobadas, muslo de pollo a las finas hierbas, muslos de pollo a la BBQ, medallones de pollo a las finas hierbas, medallones de pollo a la BBQ, contramuslos a las finas hierbas, bombones o colombina de pollo BBQ.

1.3 MISIÓN

“Creamos valor entregando alternativas de nutrición de origen animal, al alcance de la mayor parte de la población”.

1.4 NÚMERO DE EMPLEADOS

Cuenta con más de 5000 empleados a nivel nacional.

1.5 TELÉFONO

- En Bucaramanga: 6799999
- En Pereira: 6331688

1.6 DIRECCIÓN

- En Bucaramanga: Anillo Vial 2-46 vía a Girón
- En Pereira: Avenida Circunvalar # 1-64 Colombia

1.7 RESEÑA HISTÓRICA

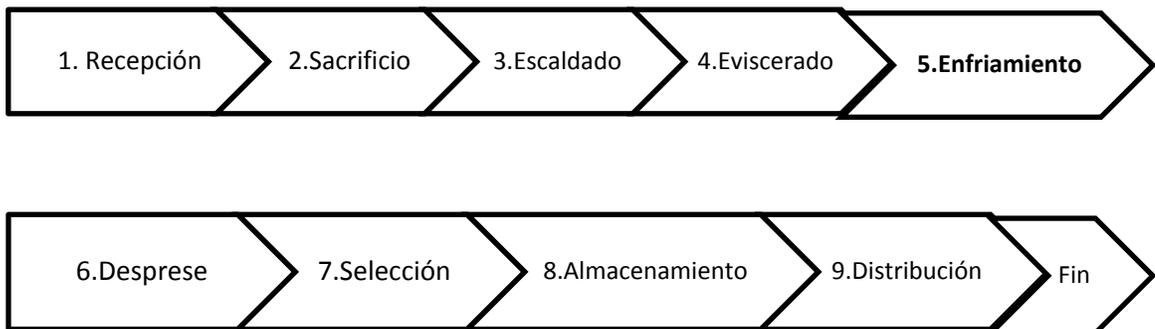
PIMPOLLO S.A.S. comienza a hacer parte del sector avícola nacional el 18 de marzo de 1974, bajo la razón social de Industria de Occidente Pimpollo S.A.

En 1981 se transforma a Industria de Occidente y finalmente en 1994 a Pimpollo S.A.S. en la ciudad de Pereira. La Compañía tiene como objetivo el desarrollo del comercio avícola en todas sus áreas, especialmente en la producción, levante, engorde, proceso y comercialización de aves, así como la fabricación de alimentos avícolas y similares.

1.8 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA ESPECÍFICA DE TRABAJO

Para localizar el proceso en estudio, se presentarán a continuación las etapas de todo el proceso de sacrificio y beneficio.

Figura 1. Etapas del proceso productivo en planta de beneficio



Fuente: Autor

El sacrificio es sólo la segunda etapa, en adelante se considera beneficio. Además en todas las etapas mencionadas, al canal se le evalúa su inocuidad. Pero la característica de calidad a evaluar en este trabajo será *la temperatura del canal en el área de enfriamiento* específicamente.

En planta de beneficio, el área de enfriamiento es llamada el punto crítico de control II y es el segundo control más importante, en donde se mide la inocuidad del producto; incluso el INVIMA toma muestras exclusivamente en los puntos críticos de control.

El área de enfriamiento, es el proceso inmediatamente siguiente al proceso de evisceración (ver Figura 1). La manera de verificar la inocuidad del producto para esta área es midiendo la temperatura del canal.

La finalidad de esta área es enfriar las canales a temperaturas inferiores a los 5°C para que no haya producción microbiana que termine afectando al consumidor final. Su funcionalidad es sencilla, consiste en sumergir el canal luego de la evisceración en un primer tanque de agua clorada a 50 ppm y a una temperatura cercana a los 15°C durante aproximadamente 20 minutos, luego se sumerge en un segundo tanque de agua con hielo cuya duración aproximada es de 60 minutos. Pero el canal no está quieto en los tanques, éste es sumergido constantemente debido a un tornillo sin fin ubicado en el centro de los tanques; adicionalmente a esto, al segundo tanque se le ha adaptado un sistema de aire que genera burbujas del fondo hacia arriba. En este proceso no sólo se baja la temperatura del canal sino que se hidrata como consecuencia de la absorción del agua a través de los poros de ésta.

Como se mencionó anteriormente, el primer sumergimiento durante los 20 minutos, se le llama primer enfriamiento en el equipo Pre Chiller y luego el canal pasa automáticamente al segundo tanque con agua llamado Chiller, de modo que en ambos subprocesos, el canal completa en total 90 minutos en el área de enfriamiento.

A la salida del equipo de enfriamiento Chiller, cada 60 minutos se toman 8 canales y se les mide y registra la temperatura. Con cada muestreo se evalúa el estado de inocuidad del canal. Y es importante que cada temperatura no sobrepase los 5°C; si ninguna sobrepasa los 5°C se considera que el producto puede continuar a la siguiente etapa sin representar ningún peligro para la salud humana.⁶

⁶ PIMPOLLO S.A.S

2. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

Periódicamente el INVIMA⁷ envía sus inspectores para verificar la inocuidad del producto en el enfriamiento; cuando los funcionarios verifican y encuentran incumplimientos, podrían llegar a cerrar la planta de beneficio y multarla severamente con sanciones económicas. Es por esto que evaluar internamente el funcionamiento del Punto Crítico II, es muy importante para cumplir con los requisitos legales.

En la evaluación interna, es importante descubrir las falencias del proceso y buscar las maneras de corregir los incumplimientos. Aunque la empresa está automatizada en prácticamente todos sus procesos, incluido el de enfriamiento, sigue existiendo la duda de si sus productos son capaces de pasar los controles críticos por lo menos en un 99% de las veces. Un estudio que abarque prácticamente un 99,73% no se ha hecho nunca en la historia de la empresa. Así es que a manera de estar seguros y evitar posibles incumplimientos, se evaluará de forma interna el proceso de enfriamiento mediante la metodología 3 sigma, además se establecerá el estado de control del proceso con la misma metrología.

⁷ INVIMA: Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos: Ente dedicado al control y vigilancia de la calidad y seguridad de los productos farmacéuticos y alimenticios.

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El área de enfriamiento debe cumplir con las especificaciones de calidad para asegurar que el producto sea inocuo y por tanto es apropiado para el consumo humano. Por lo que este trabajo está diseñado para responder a las siguientes preguntas.

- ¿El proceso de enfriamiento actual, es capaz de cumplir con la especificación de calidad?
- ¿El proceso de enfriamiento se encuentra bajo control estadístico?
- ¿Cuál sería un estado de precontrol del proceso?

4. INTENCIONES DE MEJORAMIENTO PARA EL ÁREA DE ENFRIAMIENTO (ANTECEDENTES)

Debido a las exigencias del sector en términos del aseguramiento de la idoneidad del producto, la empresa ha venido fortaleciendo el área de calidad de proceso, introduciendo interventores de mejoramiento. En el año 2009, el área de calidad de producto estableció un muestreo sistemático y un tamaño de muestra para los subgrupos racionales de tamaño 8 con una frecuencia de muestreo cada hora. Situación que hasta la fecha se sigue haciendo, tanto para la planta de beneficio de Pereira como la de Bucaramanga.

El aporte de dicha Universidad no cubrió el diseño de cartas de control y por tanto lo que se analizaba exclusivamente era lo que indicaba la media, despreciando la variabilidad, los límites naturales y el comportamiento en el tiempo tanto de la media como de la variabilidad. De esa fecha hasta hoy se ha venido trabajando de ese modo.

En el año 2012, la empresa distingue la necesidad de incluir en el área de calidad personal especializado para el control estadístico de procesos ya que el personal de ese momento no poseía la capacidad de interpretar los resultados del muestreo ni de actualizarlos. Para este año se contratan dos ingenieros industriales, uno para Pereira y otro para Bucaramanga, cuya función es la de evaluar el estado de control de los procesos y proponer acciones de mejora a los mismos.

5. JUSTIFICACIÓN

En la industria de alimentos para el consumo humano es obligatorio que los productos cumplan con las especificaciones establecidas por el INVIMA (las cuales aseguran productos aptos para el consumo humano).

Para saber si el área de enfriamiento de Pimpollo S.A.S. Pereira es capaz de cumplir con estas exigencias, es importante establecer su capacidad para cumplir con los requisitos. Por otra parte, es importante identificar causas asignables del proceso, es decir errores que son susceptibles de mejora o que se pueden corregir, de modo que al evitarlos se cree un escenario ideal o considerado bajo control.

Asimismo, se debe analizar también si la característica de calidad en su estado de control es capaz de cumplir con las especificaciones de la calidad y de ser así, establecer los niveles de calidad deseados. Finalmente usar estos límites de control para notar cambios importantes que afecten la conformidad del producto.

Para preservar la idoneidad del producto en la etapa de enfriamiento, es necesario verificar a lo largo del día la temperatura de éste, la cual debe estar por debajo de 5°C, ya que es la temperatura que según los bacteriólogos y veterinarios del sector consideran como el límite, pues superior a ésta es muy probable que el producto reproduzca bacterias nocivas para el consumo humano.

El uso de cartas de control permite monitorear en tiempo real el cumplimiento de dichas especificaciones, para lo cual es necesario usar el muestreo estadístico como mecanismo de estimación de la temperatura poblacional y saber si el proceso está bajo control, de manera tal que permita seguir operando o en caso

contrario si se encuentra fuera de control, tomar las medidas correctivas pertinentes para dar cumplimiento a las exigencias sanitarias.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Evaluar el estado de control estadístico para el proceso de enfriamiento con Chiller, en planta de beneficio de aves para el consumo humano de Pimpollo S.A.S. de Pereira.

6.2 Objetivos Específicos

- Describir estadísticamente el estado de operación del proceso.
- Estimar la capacidad actual del proceso para cumplir con la especificación de temperatura y declarar si el proceso opera en un estado de control estadístico.
- Identificar y analizar las causas para los días en que se generen incumplimientos de las especificaciones de calidad en el proceso de enfriamiento.
- Proponer acciones para alcanzar el control estadístico de la temperatura.
- Estimar un estado de precontrol estadístico para la variable temperatura en el proceso de enfriamiento, que permita idealizar el comportamiento del proceso bajo control, de modo que permita hacer comparaciones con los muestreos diarios posteriores a este estudio.
- Validar el tamaño de muestra para los muestreos futuros de la variable temperatura, con base en las estimaciones del estado de precontrol estadístico.

7. MARCO TEÓRICO

7.2 CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Con base en la muestra y en la inspección del producto, se determinará si se puede continuar operando el proceso de enfriamiento o si es necesario ajustarlo para que las temperaturas de los canales logren estar dentro de los estándares de calidad aceptables.

Si las variaciones en la temperatura del canal se deben a causas asignables como desgaste del operador entre otras, es necesario ajustar o corregir lo antes posible. Por otro lado, si las variaciones en la calidad del producto se deben a lo que se conoce como causas comunes, es decir, variaciones que se presentan de manera aleatoria, como variaciones en la temperatura, entre otras- pero causas que no puede controlar ni el fabricante del equipo de enfriamiento-, no es necesario ajustar el proceso. El objetivo principal del control estadístico de procesos es determinar si las variaciones en el producto se deben a causas asignables o a causas comunes.

Cuando se detectan causas asignables se dice que el proceso está fuera de control. En tales casos, se toman medidas correctivas para hacer que el proceso regrese a los niveles de calidad aceptables. Si las variaciones que se observan en el producto de un proceso de fabricación se deben únicamente a causas comunes, se concluye que el producto se encuentra bajo control estadístico o simplemente bajo control. En esos casos no es necesario hacer modificación o ajuste alguno.

Los métodos estadísticos para el control de procesos se basan algunas veces en la metodología de la prueba de hipótesis. La hipótesis nula H_0 , se formula considerando que el proceso está bajo control, mientras que la hipótesis

alternativa H_a , se formula pensando que el proceso de producción está fuera de control. La forma de evaluar si el proceso está fuera o dentro de control puede ser mediante esta metodología.

En la siguiente tabla, se muestra cómo se toman las decisiones correctas de dejar que continúe un proceso que está bajo control o de ajustar un proceso que está fuera de control. Como ocurre con las demás pruebas de hipótesis, es posible cometer un error tipo I (ajustar un proceso que está bajo control) o un error tipo II (permitir que continúe un proceso que está fuera de control).⁸

Tabla 1. Situación del proceso de producción.

		Situación del proceso de producción	
		Ho es verdadera	Ho es falsa
Decisión		El proceso está bajo control	El proceso está fuera de control
	Que continúe el proceso	Decisión correcta	Error tipo II (dejar continuar un proceso que está fuera de control)
	Ajustar el proceso	Error tipo I (ajustar un proceso que se encuentra bajo control)	Decisión correcta

Fuente:⁹

⁸ ANDERSON, David R. y SWEENEY, Denis J. Métodos estadísticos para el control de la calidad. En: Estadística para administración y economía. 10 ed. México.: Cengage Learning, 2008. p.

⁹ MONTGOMERY, Douglas C. Cartas de control para variables. En: Control estadístico de la calidad. 3 ed. México: Limusa Wiley, 2007. p. 207-2011

7.3 CARTAS DE CONTROL

Son gráficas que sirven para observar y analizar la variabilidad y el comportamiento de un proceso a través del tiempo¹⁰.

7.3.1 Cartas de Control para \bar{x} , R. Estas cartas suponen que la característica de calidad tiene una distribución normal con media μ y desviación estándar σ , donde tanto μ como σ son conocidas y cada subgrupo de muestreo es independiente. Si x_1, x_2, \dots, x_n es una muestra de tamaño n , entonces el promedio de esta muestra es:

$$\bar{x}_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Como \bar{x} sigue una distribución normal con media μ y desviación estándar $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$. Además, la probabilidad es de $1-\alpha$ para que cualquier media muestral se localiza entre¹¹

$$\mu \pm Z_{\alpha/2} * \sigma_{\bar{x}} = \mu \pm Z_{\alpha/2} * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

(Ecuación 1)

Por lo tanto, si μ y σ son conocidas, la ecuación anterior podría usarse como límites de control superior e inferior en una carta de control para las medias muestrales.¹²

¹⁰ GUTIERREZ PULIDO, Humberto. Cartas de control para variables. En: Control estadístico de la calidad y seis sigma. 2 ed. México.: McGraw Hill, 2009. p.186

¹¹ MONTGOMERY, Douglas C. Op. Cit. P.

Si la media de una muestra se localiza fuera de esos límites, se trata de un indicio de que la media del proceso ha dejado de ser igual a μ . Ahora será igual a $\mu+b$, donde b representa el corrimiento de μ .

Además, se ha supuesto que la característica de la calidad tiene distribución normal. Sin embargo, los resultados anteriores siguen siendo aproximadamente válidos incluso cuando la distribución fundamental no es normal, debido al teorema del límite central.

En la práctica, generalmente no se conocen los valores de μ y σ . Por lo tanto, deben estimarse a partir de muestras o subgrupos preliminares tomados cuando se considera que el proceso está bajo control. En general, estas condiciones deberán basarse en al menos 20 o 25 muestras. Suponer que se cuenta con m muestras, cada una de las cuales contiene n observaciones de la característica de la calidad. Estos tamaños pequeños de la muestra suelen resultar de la construcción de subgrupos racionales y del hecho de que los costos de muestreo e inspección asociados con la medición de las variables por lo general son relativamente altos. Sean $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m$ los promedios de cada muestra. Entonces el mejor estimador de μ , el promedio del proceso, es el gran promedio:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m}{m} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Por tanto, $\bar{\bar{x}}$ se usaría como la línea central (CL, por sus siglas en inglés) en la carta \bar{x} .

¹² Ibid., p 207.

Para construir los límites de control, es necesaria una estimación de la desviación estándar de σ . Si x_1, x_2, \dots, x_n es una muestra de tamaño n , entonces el rango de la muestra es la diferencia entre las observaciones menor y mayor; es decir:

$$R = x_{m\acute{a}x} - x_{m\acute{i}n}$$

Sean R_1, R_2, \dots, R_m los rangos de las m muestras. El rango promedio es:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Ahora pueden darse las fórmulas para construir los límites de control de la carta \bar{x} . Estos son los siguientes:

Límites de Control de la Carta \bar{x}

$$\begin{aligned} UCL &= \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \\ LC &= \bar{\bar{x}} \\ LCL &= \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \end{aligned} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Los valores de A_2 para varios tamaños de muestra se encuentran en el apéndice VI del libro de Montgomery¹³.

La variabilidad del proceso puede monitorearse graficando los valores del rango muestral R en una carta de control. La línea central y los límites de control de la carta R son los siguientes:

¹³ Ibid., p 761.

Límites de control de la carta R

$$\begin{aligned}UCL &= \bar{R}D_4 \\LC &= \bar{R} \\LCL &= \bar{R}D_3\end{aligned}\tag{Ecuación 5}$$

Las constantes de D_3 y D_4 para varios valores de n se encuentran en el apéndice VI del libro de Montgomery¹⁴

Un estimador de σ es $\hat{\sigma} = \frac{R}{d_2}$, en el apéndice VI de Montgomery se presentan los valores de d_2 para varios tamaños de muestra. Por lo tanto, si \bar{R} es el rango promedio de las m muestras preliminares, puede usarse:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}\tag{Ecuación 6}$$

para estimar σ . Y se trata de un estimador insesgado de σ .

Si se usa $\bar{\bar{x}}$ como estimador de μ y $\frac{\bar{R}}{d_2}$ como estimador de σ , entonces los parámetros de la carta \bar{x} son

$$\begin{aligned}UCL &= \bar{\bar{x}} + 3\frac{\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} \\LC &= \bar{\bar{x}}\end{aligned}\tag{Ecuación 7}$$

¹⁴ Ibid., p 761.

$$LCL = \bar{\bar{x}} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}}$$

Con una confianza del 99%. Ahora si se define la ecuación 8:

$$A_2 = \frac{3}{d_2 \sqrt{n}} \quad \text{(Ecuación 8)}$$

Entonces la ecuación 7 se reduce a la ecuación 4:

Se considera ahora la carta R, cuya línea central será \bar{R} . Para determinar los límites de control se necesita un estimador de σ_R . Suponiendo que la característica de calidad tiene una distribución normal, $\hat{\sigma}_R$ puede encontrarse a partir de la distribución del rango relativo $W = R/\sigma$. La desviación estándar de W, por ejemplo d_3 , es una función conocida de n. Por tanto ya que $R = W\sigma$ la desviación estándar de R es $\sigma_R = d_3\sigma$ puesto que σ es desconocida, σ_R puede estimarse con:

$$\hat{\sigma}_R = d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Por consiguiente, los parámetros de la carta R con los límites de control tres sigma para un nivel de confianza el 99% usuales son:

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= \bar{R} + 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} \\ \text{LC} &= \bar{R} \end{aligned} \quad \text{(Ecuación 10)}$$

$$LCL = \bar{R} - 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} - 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Si se hace $D_3 = 1 - 3\frac{d_3}{d_2}$ y $D_4 = 1 + 3\frac{d_3}{d_2}$ la ecuación 10 se reduce a la ecuación 5.¹⁵

7.4 ANÁLISIS DE CAPACIDAD

Consiste en conocer la amplitud de la variación natural del proceso para la temperatura del canal a la salida del Chiller, ya que esto permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria (cumple especificaciones).

7.4.1 Índice de capacidad potencial de procesos normales. El índice de capacidad potencial del proceso llamado C_p , se define de la siguiente manera según Montgomery¹⁶:

$$C_p = \frac{UCL - LCL}{6\sigma} = \frac{LSL - USL}{6\sigma} \quad \text{(Ecuación 11)}$$

Donde σ representa la desviación estándar del proceso, mientras que UCL y LCL son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad. Como se puede observar, el índice C_p compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real de éste.

¹⁵ Ibid., p 208-212

¹⁶ Ibid., p 358

Decimos que 6 sigma es la variación real, debido a las propiedades de la distribución normal, en donde se afirma que entre $\mu \pm 3\sigma$ se encuentra el 99,73% de los valores de una variable con distribución normal. Incluso si no hay normalidad, en $\mu \pm 3\sigma$ se encuentra un gran porcentaje de la distribución debido a la desigualdad de Chébyshev.

7.4.2 Índice de capacidad potencial unilateral de procesos normales, según Montgomery¹⁷, se puede utilizar la siguiente fórmula para hallar el índice de capacidad unilateral cuando la característica de calidad se comporta normalmente.

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \quad \text{(Ecuación 12)}$$

7.4.3 Interpretación del índice C_p , para que el proceso sea considerado potencialmente capaz de cumplir con especificaciones, se requiere que la variación real o natural siempre sea menor que la variación tolerada. De aquí que lo deseable es que el índice C_p sea mayor que 1; y si el valor del C_p es menor que 1, es una evidencia de que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones. Para una mayor precisión en el cuadro 2 se presentan cinco categorías de procesos que dependen del valor del índice C_p , suponiendo que el proceso está centrado.

¹⁷ Ibid., p 359

Tabla 2. Valores de C_p y su interpretación.

Valor del índice	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad 6 sigma
$C_p > 1,33$	1	Adecuado
$1 < C_p < 1,33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto
$0,67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de serias modificaciones para alcanzar una calidad satisfactoria
$C_p < 0,67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias

Fuente: GUTIERREZ PULIDO ¹⁸

7.4.4 Límites reales o naturales en ausencia de normalidad. Los límites naturales del proceso frente a la falta de normalidad saldría del teorema de Chébyshév, el cual según Gutiérrez¹⁹, básicamente es un resultado teórico que relaciona la media y la desviación estándar para establecer el porcentaje mínimo de datos que caen en el intervalo $(\mu \pm c\sigma)$ para $c > 1$.

La forma general la desigualdad de Chébyshév es la siguiente:

$$P(|x - \mu| > c\sigma) \leq 1 - 1/c^2$$

(Ecuación 13)

¹⁸ GUTIERREZ PULIDO, Humberto. Op. cit., p. 102

¹⁹ Ibid., p 22

En donde la representación del porcentaje de datos que caen en el intervalo $\mu \pm c\sigma$ se presenta mediante $1 - 1/c^2$.

7.4.5 Índice de capacidad unilateral en ausencia de normalidad. Un índice de capacidad frente a la falta de normalidad saldría de modificar la Ecuación 12. Pero lo que se busca es un índice de capacidad que mida la variación tolerada frente a la variación real, en tal caso se define la variación tolerada, como la diferencia entre el límite de especificación superior USL y la media del proceso μ , es decir $(USL - \mu)$. Y en ese caso c se reduce a la mitad para representar la mitad de toda la amplitud real. Según lo anterior el índice de capacidad unilateral para la falta de normalidad que se usará en el presente trabajo será:

$$C_{pu_n} = \frac{USL - \mu}{\frac{c}{2}\sigma} \quad \text{(Ecuación 14)}$$

8. DISEÑO METODOLÓGICO

Para describir estadísticamente el estado de operación del proceso, se hará un resumen gráfico de la temperatura del canal a la salida del Chiller. El resumen gráfico incluye histograma, diagrama de caja y estadísticos básicos como la media, mediana, moda, desviación estándar, cuartiles e intervalo de confianza del 99% para la media. Se trabaja con un 99% de confianza para adoptar la metodología de 3 sigma. Los datos para el resumen gráfico serán los históricos recolectados inmediatamente el mes anterior a esta auditoría.

Para estimar la capacidad actual del proceso para cumplir con la especificación de temperatura se determinará y explicará el índice de capacidad real del proceso y el porcentaje de canales por fuera de especificación, esto se expresará en partes por millón de unidades (ppm). Finalmente se declarará si el proceso opera en estado de control estadístico; si el proceso se declara en control, se da por terminada la auditoría con resultados favorables, pero si éste se declara fuera de control, entonces se procede a:

- i. Analizar las causas para los días que generan incumplimiento de las especificaciones de calidad del proceso de enfriamiento: para alcanzar este objetivo se hará uso de la experiencia, además se identificarán los días en que se presenten incumplimientos, para esto se tomará la carta para las temperaturas máximas diarias y posteriormente las cartas de tolerancia y valores individuales para los días en que se identifique el incumplimiento.
- ii. Declarar las causas de los incumplimientos de las especificaciones de calidad: mediante el análisis de causas de incumplimiento de las especificaciones de calidad en el proceso de enfriamiento, se declaran las causas principales del problema.

- iii. Proponer acciones para alcanzar el control estadístico de la temperatura: ya identificada la causa principal, se procede a elaborar acciones de mejora, las cuales deben ser aplicadas por el área de calidad.

- iv. Para estimar el estado de control estadístico para la variable temperatura en el proceso de enfriamiento: se procede a crear la carta de control para la media y el rango (bajo control) del mismo modo se estima el índice de capacidad (bajo control). El área de calidad usa estas herramientas de control para monitorear su proceso, y el área de mejoramiento para evaluar el control del proceso.

9. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

9.1 DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA DEL ESTADO DE OPERACIÓN DEL PROCESO DE ENFRIAMIENTO

El análisis de datos sueltos para el mes anterior, es útil porque deja el registro del comportamiento general de la característica de calidad, el cual se usa como punto de referencia para hacer mejoras al proceso.

Como se mencionó en la metodología, los datos para el resumen gráfico serán los históricos recolectados inmediatamente el mes anterior a esta auditoría. Por lo que el mes anterior cuenta con 244 muestreos de tamaño 8 eso es 1952 datos. A continuación los estadísticos del proceso para los 1952 datos (datos sueltos).

Tabla 3. Estadísticas descriptivas para la temperatura del canal a la salida del Chiller.

Variable	n	Media	$\sigma_{\bar{x}}$	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	
Temperatura	1952	2,894	0,0217	0,9577	-0,4	2,3	3,0	
Variable	Q3	Máximo	Rango	IQR	Modo	moda	Asimetría	Kurtosis
Temperatura	3,5	6,8	7,2	1,2	2,9	123	-0,38	1,30

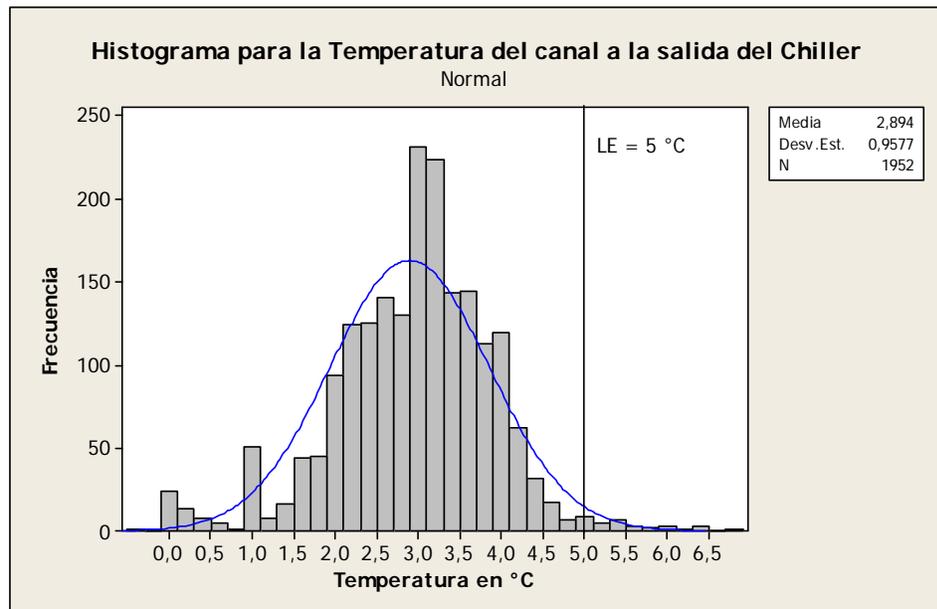
Fuente: Autor

El estimador de la media muestral calculada es un estimador insesgado de la media poblacional del proceso, por lo que se puede decir que la media del proceso es de $2,89^{\circ}\text{C}$ y la desviación estándar es de $0,96^{\circ}\text{C}$.

La amplitud de esta distribución es de $7,2^{\circ}\text{C}$, la cual es muy amplia para un proceso cuya especificación es de 5°C . El valor mínimo inicia en $-0,4^{\circ}\text{C}$ y el máximo en $6,8^{\circ}\text{C}$. Sin embargo se observa que el 50% de las temperaturas centrales no son tan dispersos, su rango intercuartil es de tan solo $1,2^{\circ}\text{C}$, iniciando en $2,3^{\circ}\text{C}$ y finalizando en $3,5^{\circ}\text{C}$.

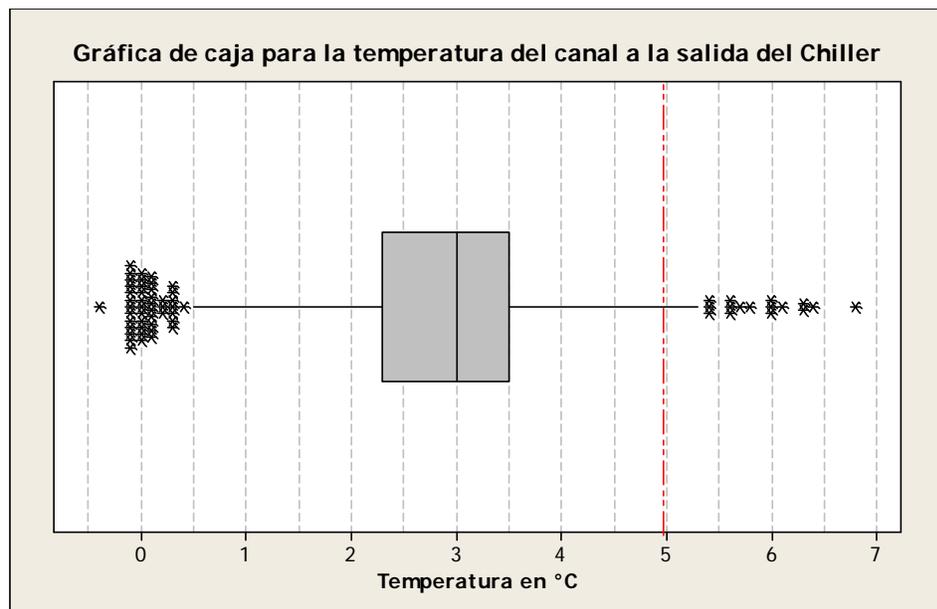
La media, la mediana y la moda se encuentran muy cerca, y apoyándose en el coeficiente de asimetría, se percibe que la distribución es simétrica con un leve sesgo negativo. Los hilos del diagrama de caja son muy alargados reflejando la gran dispersión de los datos en los extremos. El diagrama de caja también permite ver la gran variación de las mediciones de la temperatura, sus datos atípicos en los extremos se pueden visualizar en la Gráfica 2.

Gráfica 1. Histograma para la temperatura del canal a la salida del Chiller



Fuente: Autor

Gráfica 2. Diagrama de caja para la temperatura del canal a la salida del Chiller.

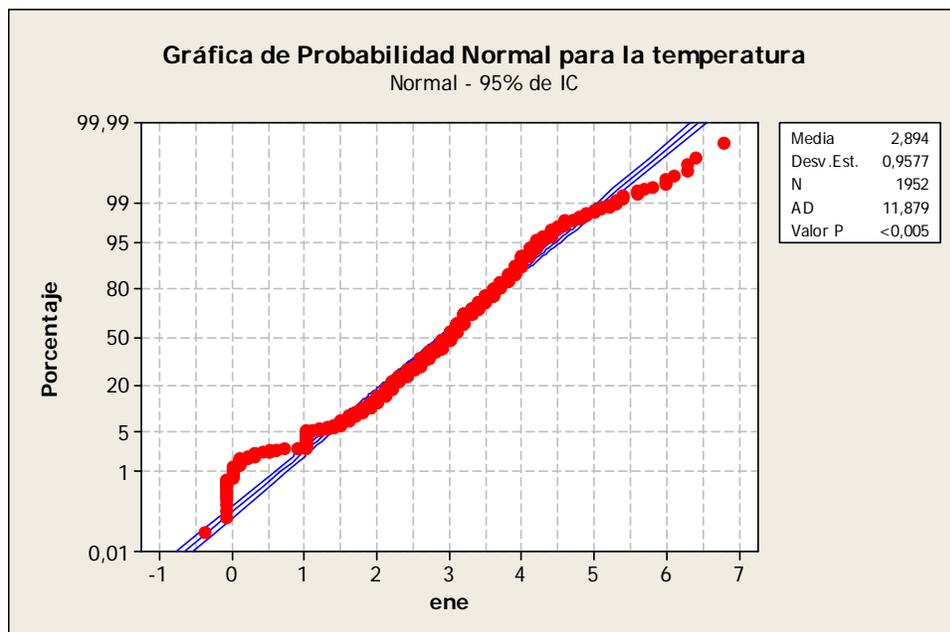


Fuente: Autor

El diagrama de caja revela el sesgo de la distribución, en donde se percibe que la temperatura varía más cuando es menor a 3°C. Lo anterior también lo corrobora la diferencia entre la mediana y los percentiles 10 y 90, en el que el valor del percentil 10 es de 1,8 °C y el del percentil 90 de 4,0°C. Las diferencias son de 1,0 y 1,2 °C respectivamente.

El histograma muestra una distribución simétrica que parece una distribución normal, pero se concluye que la distribución de las mediciones de temperatura del canal a la salida del Chiller no es normal, según lo corrobora la prueba de hipótesis para la normalidad de Anderson y Darling de la Gráfica 3. Su valor p es menor de 0,005, lo que rechaza normalidad, ya que se usa una probabilidad de riesgo del 0,01 como criterio para rechazar la hipótesis de normalidad, siguiendo la metodología 3 sigma.

Gráfica 3. Gráfico de probabilidad normal para la temperatura del canal a la salida del Chiller



Fuente: Autor

La gráfica de probabilidad normal para la temperatura manifiesta que el problema de la falta de normalidad se encuentra en las colas debido a la presencia de las mediciones atípicas.

Con esto se concluye la descripción del proceso, recordando nuevamente que dicha descripción corresponde al comportamiento de la temperatura durante el mes inmediatamente anterior a la auditoría. A continuación se procede a estimar la capacidad del proceso, de modo que éste coeficiente sirva para declarar el proceso ya sea bajo control o fuera de éste.

9.2 ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD ACTUAL DEL PROCESO PARA CUMPLIR CON LA ESPECIFICACIÓN DE LA TEMPERATURA Y DECLARACIÓN SI EL PROCESO OPERA EN UN ESTADO DE CONTROL ESTADÍSTICO

9.2.1 Descripción de la característica de calidad analizando los subgrupos racionales del mes anterior. Ésta descripción se hace por separado ya que permite estimar estadísticos sujetos al tamaño muestral y de este modo poder comparar más adelante con estadísticos futuros.

- La media de las medias es de 2,89°C, la cual se extrajo de la Tabla 2.
- La desviación estándar promedio entre grupos es de 0,611°C, esta estimación se basa en que cada muestreo es independiente del otro, por lo que cada muestreo tiene su propia desviación estándar muestral, de modo tal que la media de esas desviaciones independientes, será una estimación de la desviación estándar del proceso, la operación es la siguiente:

$$\bar{s}_e = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_m}{m} = 0,611 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- El tamaño de los subgrupos racionales es de ocho ($n = 8$).
- El error estándar de la media de las desviaciones $s_{\bar{x}} = \frac{\bar{s}_e}{\sqrt{n}} = \frac{0.611}{\sqrt{8}} = 0,216 \text{ } ^\circ\text{C}$

9.2.2 Estimación de la capacidad del proceso y declaración de su estado de precontrol. Dada la falta de normalidad, por el teorema de Chébyshev podemos estimar la amplitud y capacidad. Para esto se estimará el número de errores estándar c necesarios para cubrir aproximadamente el 99,87% de las temperaturas. En segundo lugar, se determinará la distancia en que se encuentra la media en relación con la especificación de calidad. El criterio para utilizar el 99,87% como amplitud, corresponde al uso de la metodología 3 sigma para el cálculo de los límites de control.

$1 - \frac{1}{c^2} = 0,9987$, despejando c obtenemos que $c = 27,73$, que corresponde al número de errores estándar para ambos lados de la media de modo que abarque el 99,87% de la amplitud de las observaciones de temperatura.

Ahora para estimar la capacidad debemos utilizar la ecuación 14:

$$C_p = \frac{USL - \mu}{\frac{c}{2} * s_{\bar{x}}} = \frac{5 - 2,89}{\frac{27,73}{2} * 0.216} = \frac{2,11}{2,99} = 0,70$$

Por tanto se concluye que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones de calidad, ya que el coeficiente de capacidad es menor que 1,0.

Finalmente, interesa saber el número de productos por millón que se encuentran fuera de especificación. Para tal fin se usará la desigualdad de Chébyshev para

encontrar la probabilidad de que los canales sobrepasen el límite de especificación. Se define la siguiente fórmula:

$$P(T^\circ \text{ de las canales} \geq 5^\circ\text{C}) \leq \frac{1}{2c^2}$$

Donde c es el número de errores estándar que se calcula como $c = \frac{|USL-\mu|}{s_{\bar{x}}}$ = $\frac{|5.0-2.89|}{0.216} = \frac{2.11}{0.216} = 9,768$ °C. En donde se afirma que la distancia que hay de la media a la especificación superior es de 9,768 errores estándar, finalmente reemplazando obtenemos que:

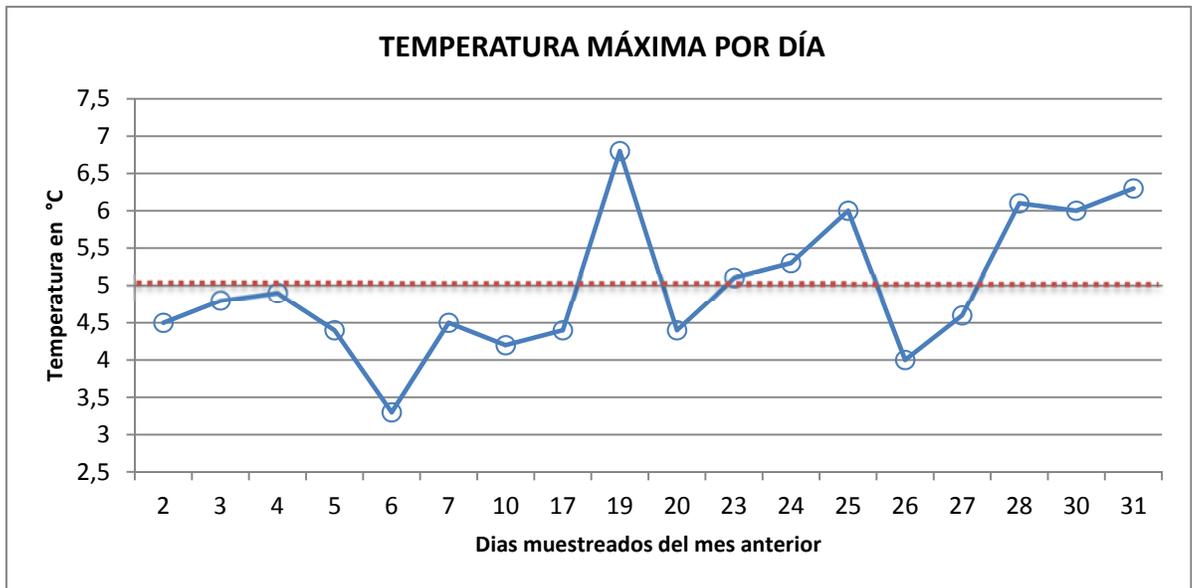
$$P(T^\circ \text{ de las canales} \geq 5^\circ\text{C}) \leq \frac{1}{2*9,768^2} = 0,005241.$$

Se observa que esta probabilidad es unilateral, por eso al multiplicarla por un millón, se encuentra que 5241 ppm son los canales fuera de especificación. Dado que las ppm deben ser iguales a cero por políticas de la empresa, se declara que el proceso está fuera de control estadístico.

9.3 ANÁLISIS DE LAS CAUSAS EN EL PROCESO DE ENFRIAMIENTO

A continuación, se muestra la carta para las temperaturas máximas por día y para los días muestreados del mes anterior. La línea roja punteada representa la especificación de calidad que es menor o igual a 5°C.

Gráfica 4. Carta para la temperatura máxima por día.



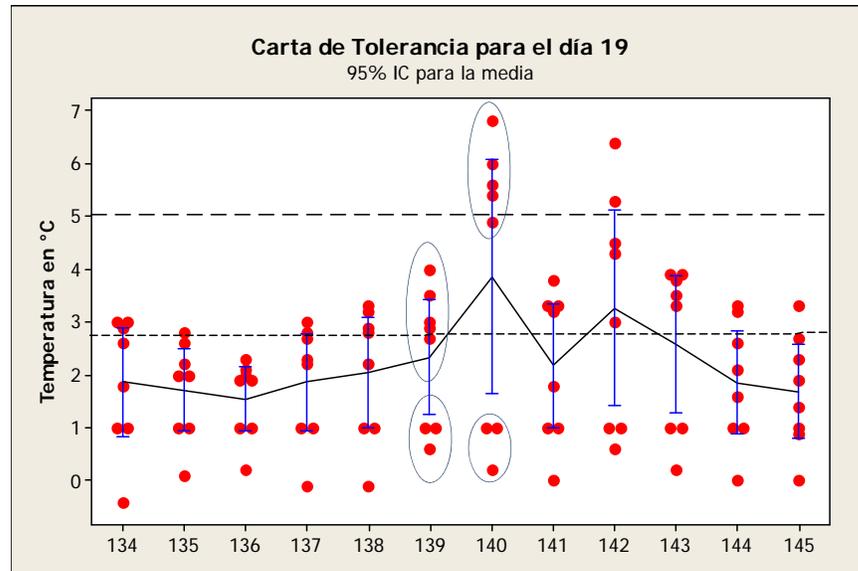
Fuente: Autor

Con esta carta se identifican los días en que hubo incumplimientos. Se observa que con tan sólo un canal que esté por encima de especificaciones durante el día, la carta lo identificará como causa asignable.

En esta carta se observan incumplimientos en 7 días, específicamente en los días 19, 23, 24, 25, 28, 30 y 31 del mes anterior.

Ya identificados los días críticos, es importante adentrarse en su comportamiento; para ello se utilizará una carta de tolerancias para analizar dichos días. A continuación la carta de tolerancia para el día 19.

Gráfica 5. Carta de tolerancia para las mediciones individuales de temperatura en el día 19.



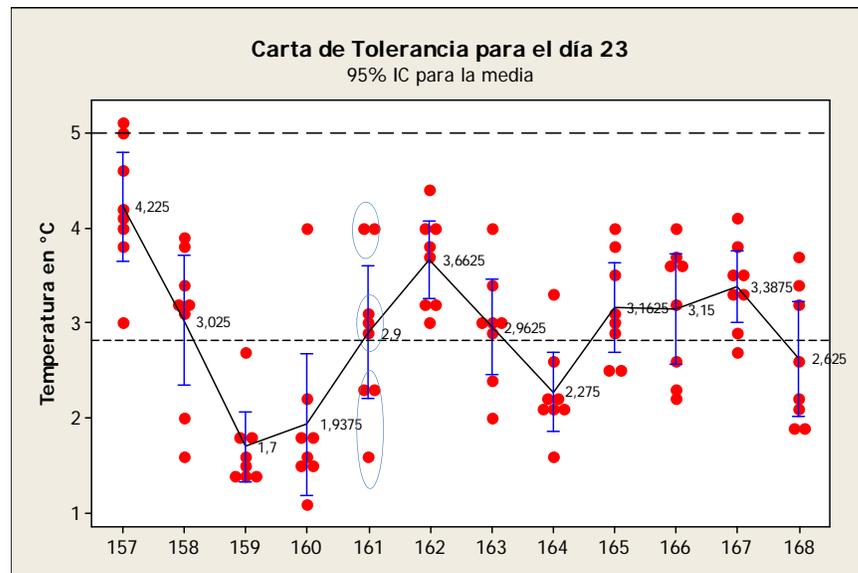
Fuente. Autor

Al observar la variabilidad a lo largo de la carta, se percibe que es alta. También se observa que del muestreo 137 hasta el 139 la temperatura va en aumento, aunque por debajo de la media del proceso.

Se evidencia en cada subgrupo un problema común, y es la formación de dos grupos: el grupo inferior del subgrupo se forma con las canales rezagadas que pertenecen al lote inmediatamente anterior, mientras que el subgrupo superior se forma con los canales del nuevo lote. Esta mezcla de grupos en una muestra, hace de la media un estadístico poco confiable y como consecuencia hace parecer que la temperatura media está dentro de las especificaciones como es el caso del subgrupo 140 y 142, cuando en verdad hay mediciones fuera de tolerancia.

Está claro que ante la llegada de un lote de gran peso, como es el caso del muestreo 140 y 142, no hubo ninguna acción preventiva al respecto.

Gráfica 6. Carta de tolerancia para las mediciones individuales de temperatura en el día 23.



Fuente. Autor

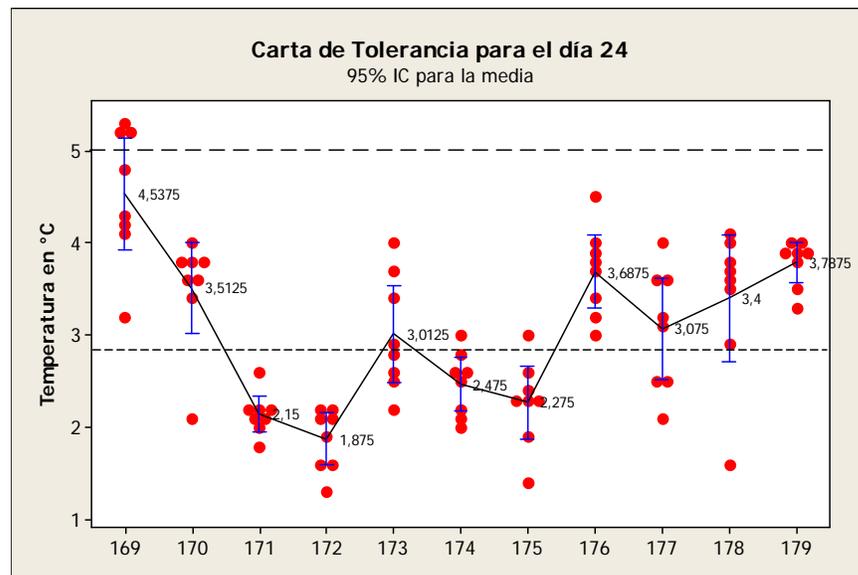
El día 23 inicia con procesamiento de pollo grande, como se observa en el muestreo 157, produciendo la única alarma del día; posteriormente las temperaturas están dentro de especificación.

El día 24 también inicia con procesamiento de pollo grande, siendo la única alarma del día; posteriormente las temperaturas están dentro de especificación. Se observa homogeneidad en las temperaturas de los muestreos 171 y 179, es una clara evidencia de la alta uniformidad del lote de pollo en cuanto a peso. Estas situaciones son ideales para el control del proceso y depende en gran manera que los lotes que llegan para el sacrificio sean uniformes.

En la carta de tolerancia para el día 25, el problema es el mismo que en el día 19, es decir, aparece un grupo rezagado en la parte inferior de cada subgrupo y otro

en la parte superior en las muestras, esto es clara evidencia de la falta de acciones preventivas ante la llegada de pollo grande.

Gráfica 7. Carta de tolerancia para las mediciones individuales de temperatura en el día 24.

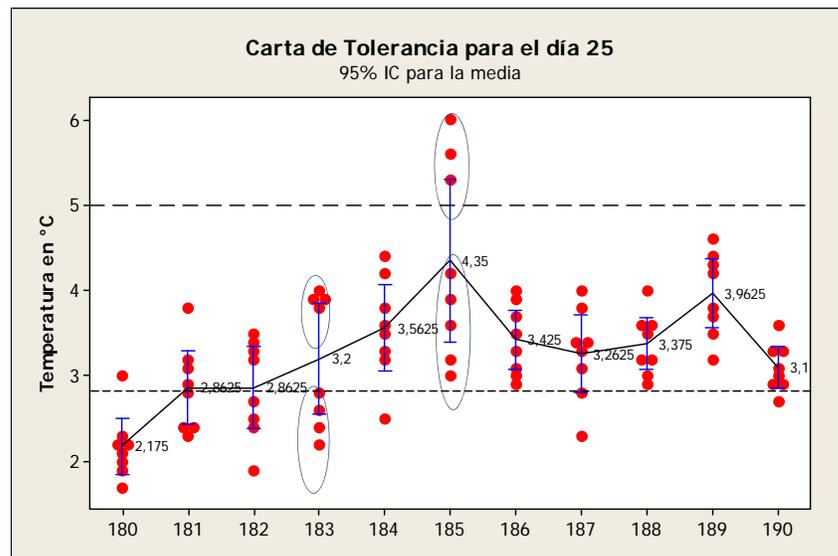


Fuente: Autor

En la carta de tolerancia para el día 28, vemos el mismo problema que en el día 19, es decir un grupo inferior rezagado y otro superior correspondiente al nuevo lote. La dispersión para el muestreo 214 es muy alta, más de lo normal; esto es debido a que el nuevo lote es una suma de lotes de saldos de pollo de las granjas, es decir, en ocasiones se reciben camiones que contienen dos o tres lotes con pesos diferentes, estos son los saldos de pollos que quedan en granjas y que se traen a planta de sacrificio revueltos y en un solo camión (por ser saldos), al ser estos de diferentes pesos, se genera esta gran variabilidad en las temperaturas. Lo anterior es de esperarse de vez en cuando.

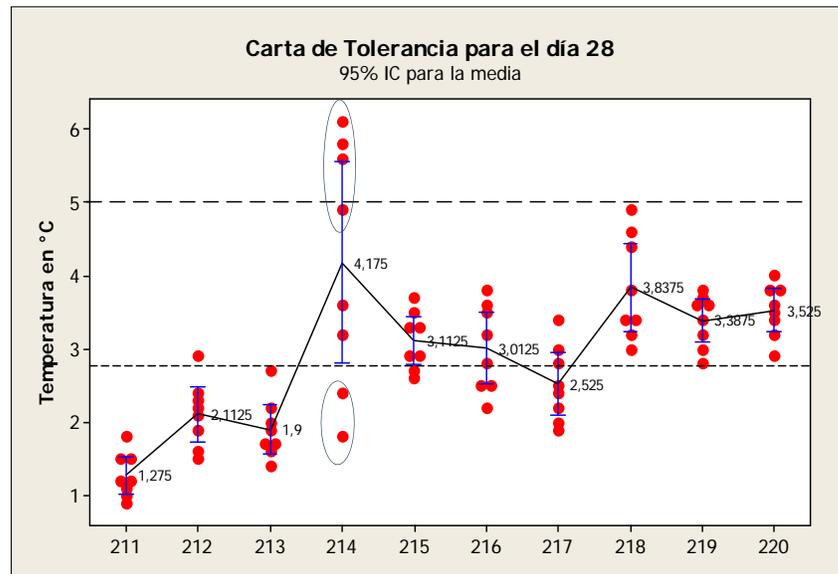
Se observa que esta carta muestra en general la llegada de pollo bastante uniforme, a excepción del muestreo 214, en donde se evidencia la ausencia de acciones preventivas ante la llegada de pollo grande.

Gráfica 8. Carta de tolerancia para las mediciones individuales de temperatura en el día 25.



Fuente: Autor

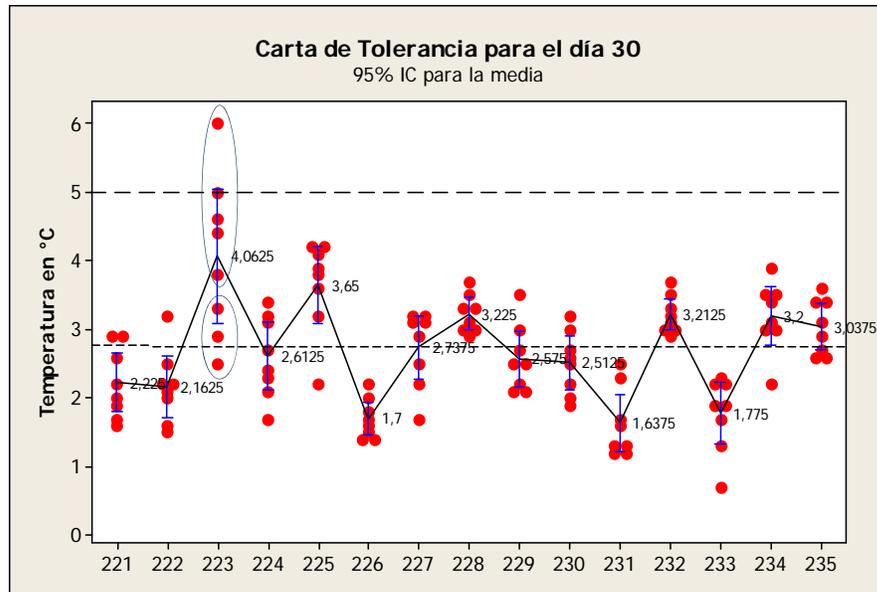
Gráfica 9. Carta de tolerancia para las mediciones individuales de temperatura en el día 28.



Fuente: Autor

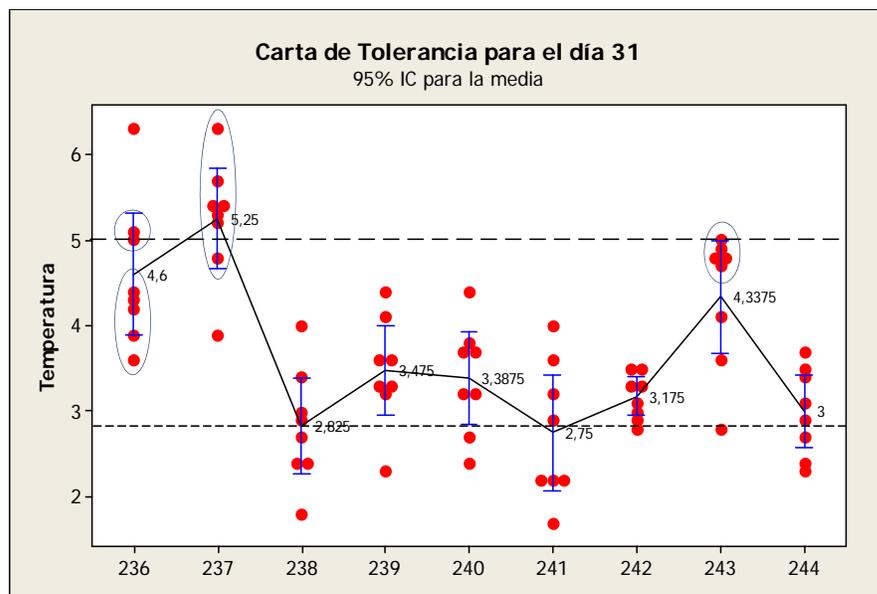
En el día 30 y 31 los problemas en las muestras son igualmente rezagos, generando poca uniformidad de las temperaturas.

Gráfica 10. Carta de tolerancia para las mediciones individuales de la temperatura en el día 30.



Fuente: Autor

Gráfica 11. Carta de tolerancia para las mediciones individuales de temperatura en el día 31.



Fuente: Autor

Por experiencia se sabe que las tendencias descendentes corresponden a la llegada de lotes de pollos de pesos bajos, y, contrariamente las tendencias ascendentes corresponden a llegadas de lotes de pollos con pesos altos. La llegada de los lotes de pollos cuyos pesos sean altos o bajos dependen de la programación de las necesidades del área comercial, es decir, si la necesidad son pollos de gran peso, entonces se programará la llegada de varios viajes consecutivos de pollo grande, esto ocasiona las tendencias ascendentes de la temperatura. Además, que el equipo de enfriamiento se calienta con cada lote que llega de peso grande, esto hace que la temperatura media tenga un corrimiento hacia arriba.

9.4 DECLARACIÓN DE LAS CAUSAS DE LOS INCUMPLIMIENTOS

Según el análisis anterior, se evidencia la variabilidad de la temperatura debido a dos eventos:

- i. Porque algunas granjas no controlan la uniformidad de los pesos en los lotes de pollos de cría.
- ii. Porque la frecuencia de muestreo actual es inapropiada, ya que en cada muestreo quedan rezagos de lotes anteriores. Por lo que se debe ampliar la frecuencia del muestreo a su tiempo de ciclo real de 90 minutos.

Más importante que la variabilidad es la falta de correctivos, acciones preventivas y correctivas en el enfriamiento de pollo grande (independiente de su uniformidad). Lo anterior se declara como la causa principal de los incumplimientos sobre la que hay que actuar. A continuación se desarrollarán las propuestas para alcanzar el control estadístico de la temperatura.

9.5 ACCIONES PROPUESTAS PARA ALCANZAR EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA TEMPERATURA

A continuación las acciones:

- Ampliar la frecuencia de muestreo de 60 minutos a 90 minutos, ya que el tiempo promedio que gasta un canal en salir del sistema de enfriamiento es de 90 minutos, con esto se asegura que en el momento de tomar las muestras, éstas provengan de un solo lote para que la muestra describa la temperatura correspondiente al lote que se está procesando y no mezclas de varios lotes, que es lo que ocurre en la actualidad. Lo anterior también asegura disminuir la variabilidad en los muestreos, mejorando las estimaciones de la media y del rango.
- Estimar límites de control para la temperatura media y el rango medio del proceso de enfriamiento.
- Con la estimación de los límites de control, generar cartas de control para la media y el rango. Y que el monitoreo de éstas permitan predecir comportamientos fuera de control de modo que se puedan corregir en tiempo real.
- Agregar mayor cantidad de hielo al Chiller cuando se anuncie la llegada de pollo grande.
- Examinar los datos de los muestreos en el momento en que se toman, no al siguiente día, como es costumbre hacer.

9.6 ESTIMACIÓN DE UN ESTADO DE CONTROL ESTADÍSTICO PARA LA TEMPERATURA EN EL PROCESO DE ENFRIAMIENTO

9.6.1 Análisis fase I: Cálculo de los límites de control de prueba Se quiere establecer el control estadístico de la temperatura del canal a la salida del equipo de enfriamiento Chiller, utilizando cartas \bar{x} y R; para construir estas cartas se usarán las muestras del mes anterior, pero eliminando las mediciones detectadas como fuera de control en los días 19, 23, 24, 25, 28, 30 y 31 del mes anterior. No se eliminarán todas las mediciones correspondientes al día, sino las que en esos días superaron las especificaciones de calidad. En el Anexo No. 1 se presentan los datos de las mediciones de esas temperaturas, con sus respectivas medias, rangos y desviaciones muestrales para cada subgrupo.

Cuando se establecen las cartas de control \bar{x} y R, es mejor empezar con la carta R debido a que los límites de control de la carta \bar{x} dependen de la variabilidad del proceso, a menos que la variabilidad del proceso esté bajo control, estos límites no serán apropiados. Utilizando la Ecuación 3, se encuentra que la línea central de la carta R es:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^{235} R_i}{235} = 2,84$$

Para muestras de tamaño ocho, nuevamente según el apéndice VI de Montgomery²⁰ (factores para construir cartas de control para variables) se encuentra que $D_3 = 0,136$ y $D_4 = 1,864$, por lo tanto los límites de control para la carta R al utilizar la Ecuación 5, son:

²⁰ MONTGOMERY, Douglas C. Apéndice VI. En: Control estadístico de la calidad. 3 ed. México: Limusa Wiley, 2007. p. 761

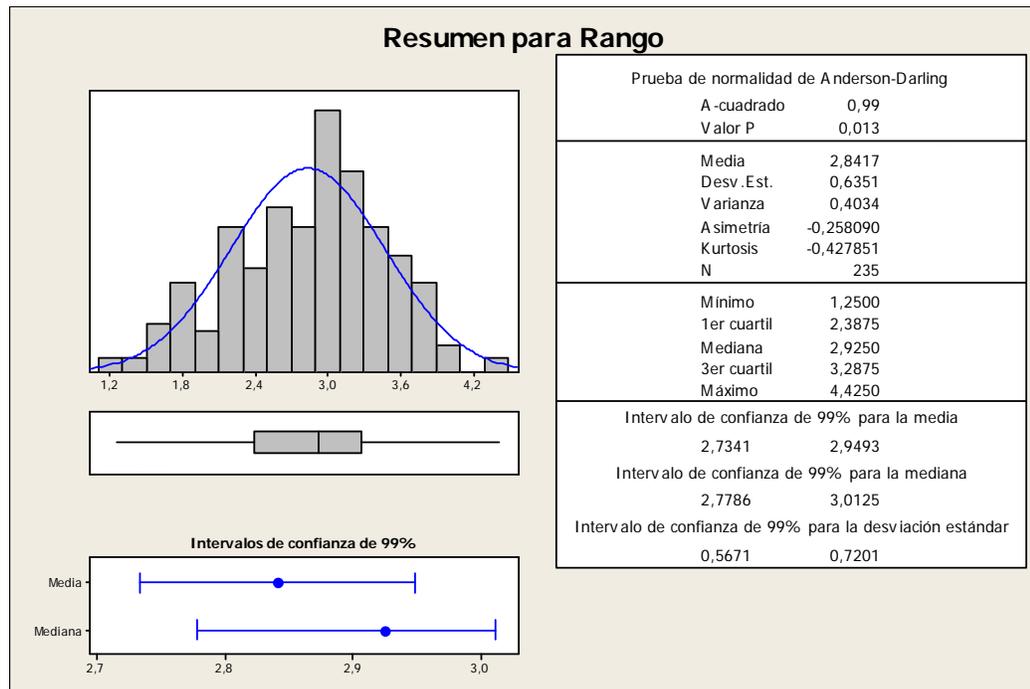
$$UCL = \bar{R}D_4 = 2,84 * 1,864 = 5,30$$

$$LCL = \bar{R}D_3 = 2,84 * 0,136 = 0,39$$

Se observa que el límite de control superior calculado es muy alto, pues supera la especificación de los 5°C, y no puede aceptarse un rango que varíe hasta 5,3°C, pues aceptar esto es aceptar que en una muestra se presente producto no conforme. Debido a lo anterior se recalculan los límites para la carta R.

Para aplicar límites 3 sigma es necesario saber si la distribución de los rangos es normal. A continuación se probará normalidad para los valores de los rangos con el objetivo de aplicar límites 3 sigma para la carta R.

Gráfica 12. Resumen estadístico para los rangos



Fuente: Autor

El valor p para la prueba de normalidad de Anderson y Darling, demuestra que existe normalidad para la distribución de los rangos, esta conclusión se basa en la metodología 3 sigma, en la que se establece un riesgo de rechazar normalidad con una probabilidad del 1%. Según lo anterior, los límites de precontrol para la carta R son los siguientes:

$$UCL_0 = \bar{R} + 3 * \frac{s_r}{\sqrt{n}}$$

$$LCL_0 = \bar{R} - 3 * \frac{s_r}{\sqrt{n}}$$

Dado que se tienen suficientes datos como para estimar la desviación estándar en precontrol y que cada desviación estándar seleccionada para el cálculo se considera en control, entonces el estimado de la desviación estándar en precontrol para R es:

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum(R_i - \bar{R})^2}{m - 1}} = 0,635^\circ C$$

Y respetando el tamaño de la muestra tenemos que el error estándar en fase de precontrol $s_{\bar{R}}$ se calcula como sigue:

$$s_{\bar{R}} = \frac{s_r}{\sqrt{n}} = \frac{0,635}{\sqrt{8}} = 0,225^\circ C$$

Por tanto, los límites de precontrol para la carta R serán

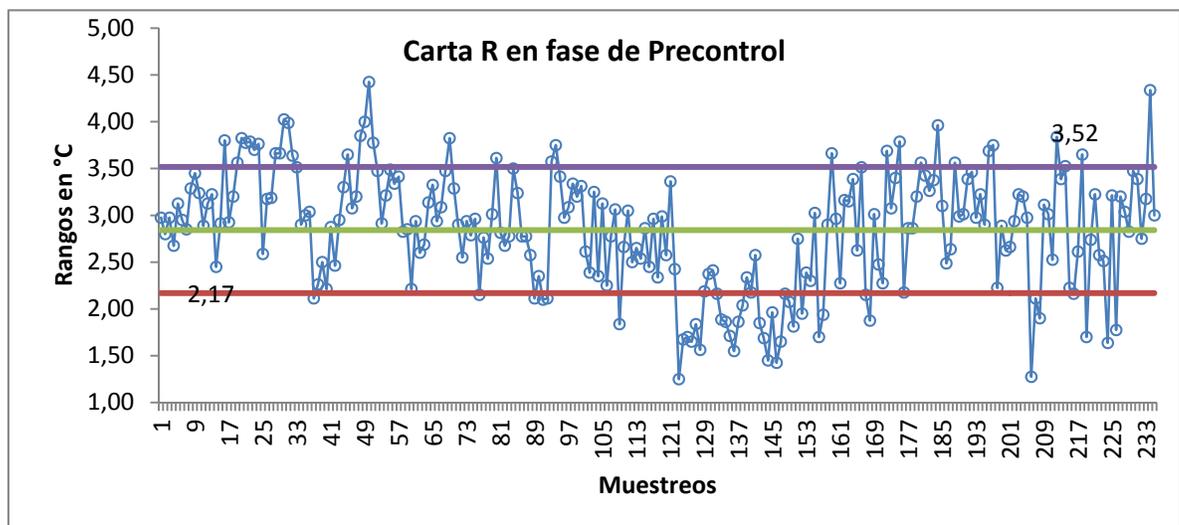
$$UCL_0 = \bar{R} + 3 * \frac{s_r}{\sqrt{n}} = 3,52^\circ C$$

$$LCL_0 = \bar{R} - 3 * \frac{s_r}{\sqrt{n}} = 2,17^\circ C$$

Los valores anteriores son más razonables como los límites de control para la carta R, ya que al establecerse en 3,52°C el límite superior de control, se espera que a lo máximo se permita una variación de este tamaño para cualquier subgrupo. Lo anterior obliga a mejorar la homogeneidad del subgrupo. Visto de otro modo, también indica que no se permitirán variaciones tan grandes que incentiven a la mezcla de lotes.

En la siguiente carta se muestran los 235 rangos de las muestras del mes anterior. Los puntos fuera de límites de control revelan una carta fuera de control.

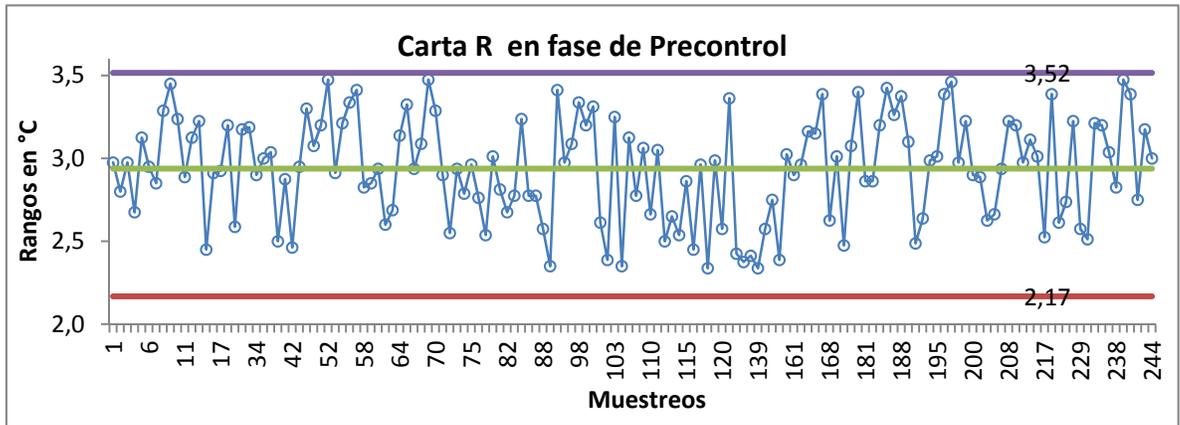
Gráfica 13. Carta R en fase de precontrol para 235 datos.



Fuente: Autor

Al encontrar rangos fuera de límites se procede a eliminarlos. Al eliminarlos quedan 146 rangos, así que la nueva carta para R después de la eliminación es la siguiente:

Gráfica 14. Carta R en fase de precontrol para 146 datos



Fuente: Autor

Puesto que la carta R indica que la variabilidad del proceso está bajo control, puede construirse ahora la carta \bar{x} . Cuya línea central es:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^{25} \bar{x}_i}{146} = 2,94 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Para encontrar los límites de control de la carta \bar{x} , se usa $A_2 = 0,373$ nuevamente según el apéndice VI de Montgomery²¹ (factores para construir cartas de control para variables) para muestras de tamaño $n = 8$ y usando la Ecuación 4 se encuentra que:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} = 6,23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} = -0,35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Nuevamente es imposible aceptar que el límite de control superior, en este caso para la media, supere la especificación de calidad. Por lo anterior se recalcularán los límites de control con la siguiente fórmula:

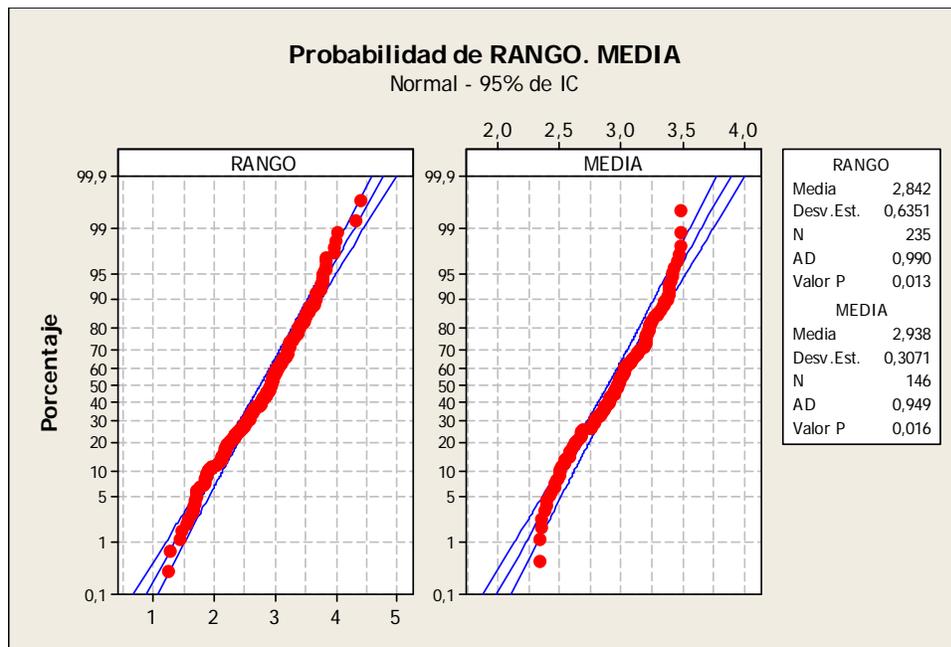
²¹ MONTGOMERY, Douglas C. Apéndice VI. En: Control estadístico de la calidad. 3 ed. México: Limusa Wiley, 2007. p. 761

$$UCL_0 = \bar{\bar{x}} + 3 * s_{\bar{x}}$$

$$LCL_0 = \bar{\bar{x}} - 3 * s_{\bar{x}}$$

La ecuación anterior se puede utilizar, ya que la distribución de las medias para el rango y la media se comportan de forma normal, según lo afirma el teorema central del límite, el cual dice que si los datos de una población provienen de una distribución normal, la distribución de medias de las muestras también serán normal incluso para muestras pequeñas. El siguiente gráfico de probabilidad normal y su respectivo valor p corrobora con un riesgo del 1% según la metodología 3 sigma, que las distribuciones poblacionales bajo control para la media y el rango son normales.

Gráfica 15. Probabilidad normal para las temperaturas poblacionales de la media y el rango bajo control



Fuente: Autor

La desviación estándar del proceso bajo control es igual a:

$$\bar{s}_0 = \frac{\sum_{i=1}^{146} s_i}{146} = 0,54 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Y el error estándar del proceso sería igual a:

$$s_{\bar{x}} = \frac{\bar{s}_0}{\sqrt{n}} = 0,19 \text{ } ^\circ\text{C}$$

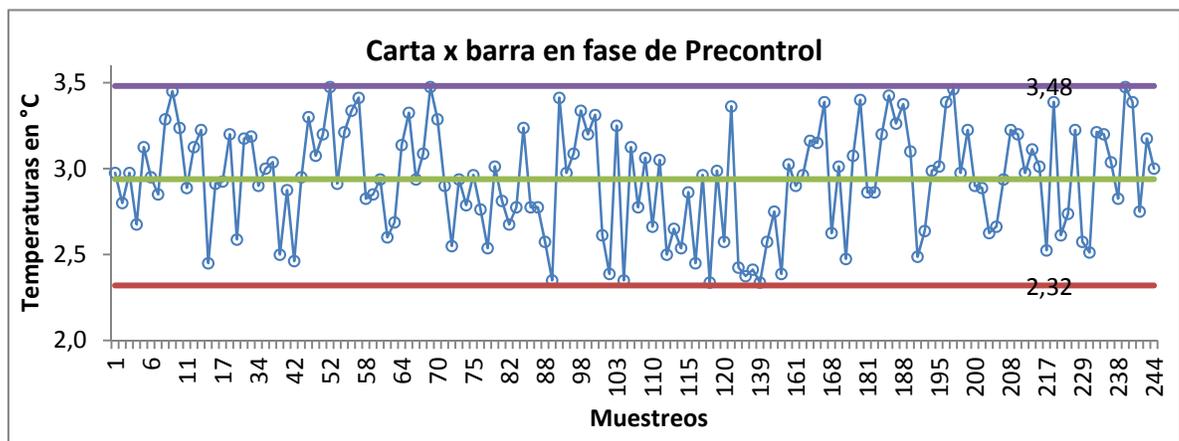
Entonces, los nuevos límites de control para la media serían:

$$UCL_0 = \bar{\bar{x}} + 3 * s_{\bar{x}} = 3,48 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$LCL_0 = \bar{\bar{x}} - 3 * s_{\bar{x}} = 2,32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La carta \bar{x} se muestra en la Gráfica 16, aquí los promedios no muestran ningún indicio de una condición fuera de control. Por lo tanto, puesto que las cartas \bar{x} y R indican control, se concluirá que el proceso está bajo control en los niveles establecidos y se adoptan los límites de control de prueba para usarlos en el precontrol estadístico del proceso en línea.

Gráfica 16. Carta \bar{x} para la temperatura en fase de precontrol



Fuente: Autor

9.6.2 Estimación de la capacidad del proceso. Debido a que la distribución de las medias y de los rangos es normal podemos utilizar la Fórmula 12 y al modificarla se tiene que:

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} = \frac{USL - \bar{\bar{x}}_0}{3\bar{s}_0} = \frac{5 - 2,94}{3 * 0,54} = \frac{2,06}{1,62} = 1,28$$

Por tanto se concluye que el proceso bajo control es capaz de cumplir con las especificaciones de calidad ya que el coeficiente de capacidad es mayor que 1.0.

Finalmente interesa saber el número de partes por millón que se encuentran fuera de especificación. A continuación se determina la probabilidad de que las canales sobrepasen el límite de especificación superior, esto se expresa de la siguiente manera:

$$P(T^\circ \text{ de las canales} \geq 5^\circ C) = P\left(z \geq \frac{USL - \bar{\bar{x}}}{\bar{s}_0}\right) = P(z \geq 3,85) = 0,0000598$$

Al multiplicar la probabilidad por un millón encontramos que 60 partes por millón son los canales fuera de especificación. Dado que las ppm deben ser iguales a cero por políticas de la empresa, se declara como un estado de precontrol tolerable pero que debe mejorarse más adelante.

9.6.3 Estimación del tamaño de muestra y frecuencia de los muestreos para los subgrupos. Desde 2008 la empresa ha venido tomando muestras de tamaño 8 cada hora para los subgrupos; pero desde ese entonces no se ha vuelto a validar dicho tamaño. Por lo que se procederá a validar el tamaño de muestra a la luz de los nuevos estimadores bajo control.

Encontrada la media del proceso bajo control $\mu_0 = \bar{x}_0 = 2,94 \text{ } ^\circ\text{C}$, el margen de error máximo será igual a la diferencia entre $\mu_0 - LCL_0 = 2,94 - 2,32 = 0,62 \text{ } ^\circ\text{C}$, y el nivel de confianza es de $100 * (1 - 0,00135) = 99,87\%$, para límites 3 sigma el valor crítico es 3. Lo anterior arroja un tamaño de muestra

$$n = \left(\frac{3 * 0.54}{0.62} \right)^2 \approx 7 \text{ Canales a la salida del Chiller.}$$

El tiempo de ciclo del proceso de enfriamiento es de 90 minutos, entonces se recomienda tomar muestras de tamaño 7 cada 90 minutos después de iniciado el proceso de enfriamiento. Con lo anterior, se asegura una buena estimación de la media y la eliminación de rezagos de lotes anteriores en los nuevos muestreos.

CONCLUSIONES

- El análisis de capacidad realizado indica que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones de calidad. Su índice de capacidad es de 0,7 y este se encuentra clasificado en la categoría 3 según la Tabla No. 1 presentada anteriormente. La clasificación 3 indica que no es un índice de capacidad adecuado para el trabajo, por lo que requiere un análisis del proceso con la finalidad de establecer un plan de acción para su mejoramiento.
- En estado de control, la media del proceso es de 2,94°C, la desviación estándar es de 0,54°C y el porcentaje fuera de especificaciones es de 0,006%, es decir, se espera que 60 canales por millón estén fuera de especificación.
- La probabilidad de que los puntos caigan fuera de los límites de control cuando el proceso está bajo control es 0,0027. Esto debido a que se han empleado los límites de control 3 sigma como técnica elegida para este trabajo.
- La frecuencia de muestreo actual es incorrecta. No es apropiada cada 30 minutos o cada hora, pues se ha demostrado que para esa frecuencia tan corta se pueden llegar a tomar elementos de lotes anteriores, revolviendo las temperaturas de lotes nuevos con los inmediatamente anteriores y trayendo repercusiones en los estadísticos de seguimiento como la media y desviación estándar.

- El nuevo tamaño de muestra validado para los muestreos es de 7 elementos o canales a la salida del Chiller. Se reduce un elemento.
- El escenario planteado bajo control es capaz de cumplir con las especificaciones con un índice de capacidad real $C_{pu} = 1,28$. Por lo que se establece este índice de capacidad como el índice de capacidad objetivo, con el que se deben comparar los resultados en cada muestreo.
- No hay capacidad de predecir una no conformidad relacionada a la temperatura del canal en el Chiller. Esto lo evidencia al no hacer ninguna acción preventiva ante la llegada de pollo grande.
- Dado que la digitación de los muestreos como el análisis es posterior al proceso (hasta el siguiente día), el área no tiene la capacidad de corregir una no conformidad en tiempo real.

RECOMENDACIONES

- La empresa debería anunciar desde el muestreo en recepción de pollo vivo, la llegada del peso de éste, también su rango y su desviación estándar, para poder anticiparse a una no conformidad segura.
- Como al equipo de enfriamiento le están ingresando canales de diversos tamaños a lo largo del día, como resultado de los muestreos, la temperatura del canal a la salida del Chiller es: alta cuando éste es grande y baja cuando el canal es pequeño; entonces, se recomienda un análisis de regresión lineal múltiple cuyas variables regresoras sean la temperatura del agua, la cantidad de ppm de cloro residual en el agua, la cantidad de hielo agregado por unidad de tiempo y el peso del canal; además se puede incluir una variable categórica que represente la granja de donde proviene el pollo; lo anterior para predecir con anterioridad la temperatura del canal grande, que es el problema. Pues se sabe por este estudio, que el canal grande tiende a salirse del límite de control superior, generando producto fuera de especificación, por lo que se podría anticipar a dicho incumplimiento mediante acciones preventivas. Una acción preventiva sería adicionar hielo al equipo de enfriamiento antes del ingreso del canal grande. Finalmente, la cantidad de hielo como el instante de su adición al sistema de enfriamiento está sujeto al análisis de regresión propuesto.
- Se recomienda el uso del tamaño de muestra validado para cada subgrupo el cual fue determinado como 7 canales a la salida del equipo de enfriamiento (Chiller). Este cálculo tuvo en cuenta la variabilidad del proceso bajo control ($\bar{s}_0 = 0,54 \text{ } ^\circ\text{C}$) y el error permitido para la estimación ($2,06 \text{ } ^\circ\text{C}$) que se determina con la diferencia de $(\bar{x} - UCL_0 \text{ ó } LCL_0 - \bar{x})$ el cual proporciona el margen de error deseado al nivel de confianza elegido

del 99,73%. Así, se asegura que cada estimación de la media coincida aproximadamente en un 99,73% de las veces con la media bajo control μ_0 .

- Se recomienda medir los resultados de cada muestreo de control posterior y compararlos con el índice de capacidad real bajo control, que se calculó en este trabajo, de modo que este índice se convierta en el objetivo inicial a donde debe apuntar la capacidad del proceso; su finalidad será igualar o superar a éste en muestreos posteriores. Esto da evidencia del compromiso hacia la mejora continua.
- Se parte de un $C_{pu} = 1,28$, pero la meta final, después de mejoras continuas de la capacidad real es llegar a un $C_{pu} = 2,0$ lo cual indica un proceso 6 sigma. Una ventaja de alcanzar esta meta es conservar la media bajo control del proceso en su centro, esto es, si la media se desplaza 1,5 desviaciones estándar, el C_{pu} disminuye a $\frac{4,5\sigma}{3\sigma} = 1,5$. Si el proceso es normal, entonces se supone que el número de partes defectuosas del proceso desplazado es de 3,4 ppm. Por lo que la media de un proceso 6 sigma puede correrse sin generar incumplimientos importantes.

BIBLIOGRAFÍA

ESCALANTE, Edgardo J. Análisis y mejoramiento de la Calidad. México: Limusa, 2006. 458 p.

GUTIERREZ PULIDO, Humberto. Control estadístico de la calidad y seis sigma. 2 ed. México.: McGraw Hill, 2009. 479 p.

MONTGOMERY, Douglas C. Control estadístico de la calidad. 3 ed. México: Limusa Wiley, 2007. 797 p.

ANDERSON, David R. y SWEENEY, Denis J. Estadística para administración y economía. 10 ed. México.: Cengage Learning, 2008. 1004 p.

NTC 4490, Referencias documentales para fuentes de información electrónica.

UNE 50-104-94, referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura.

WEBGRAFÍA

Página oficial de Pimpollo S.A.S.[Online]. Disponible en:
http://www.pimpollo.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=136

ANEXOS

ANEXO A Mediciones de la Temperatura del canal tomadas cada hora del mes anterior.

m	Día	Mes	Año	Hora	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	MEDIA	Máx.	s
1	2	ENE	2013	03:30	3,2	2,9	3,1	2,7	3	2,6	3,2	3,1	2,98	3,20	0,23
2	2	ENE	2013	04:00	2,7	2,5	2,6	3,1	2,9	2,4	2,9	3,3	2,80	3,30	0,31
3	2	ENE	2013	04:30	2,9	3,4	2,6	2,9	3,2	3	2,7	3,1	2,98	3,40	0,26
4	2	ENE	2013	05:00	2,4	2,7	3,5	2,9	2	2,2	3,1	2,6	2,68	3,50	0,49
5	2	ENE	2013	05:30	3,6	2,7	3,1	2,4	4	2,9	3	3,3	3,13	4,00	0,51
6	2	ENE	2013	06:00	3,1	3	2,7	3,2	2,2	3,1	3,4	2,9	2,95	3,40	0,37
7	2	ENE	2013	06:30	2,7	3,1	2,5	3	2,9	2,6	3,4	2,6	2,85	3,40	0,31
8	2	ENE	2013	07:00	3,2	2,9	3,4	4,1	3,6	3,4	2,5	3,2	3,29	4,10	0,47
9	2	ENE	2013	07:30	3,1	2,7	3,8	3,6	3,4	4,1	3,6	3,3	3,45	4,10	0,43
10	2	ENE	2013	08:00	3,2	2,5	4,1	2,9	3,7	3,6	3,1	2,8	3,24	4,10	0,53
11	2	ENE	2013	08:30	3	2,9	3,7	2,6	2,3	3,1	2,6	2,9	2,89	3,70	0,42
12	2	ENE	2013	09:00	3,3	2,5	3,4	3	3,2	2,9	3,1	3,6	3,13	3,60	0,34
13	2	ENE	2013	09:30	3,2	3,4	3,1	2,9	3,6	3,5	3,4	2,7	3,23	3,60	0,31
14	2	ENE	2013	10:00	1,5	2,9	2,4	2,3	2,7	2,6	2,3	2,9	2,45	2,90	0,45
15	2	ENE	2013	10:30	2,4	3,2	3,1	2,6	2,7	3,6	2,4	3,3	2,91	3,60	0,45
16	2	ENE	2013	11:00	3,4	4,1	3,6	3,9	4,2	3,7	3,5	4	3,80	4,20	0,29
17	2	ENE	2013	11:30	3	2,7	3,4	2,6	3	2,5	3,2	3	2,93	3,40	0,31
18	2	ENE	2013	12:00	3,2	4	2,6	2,4	3,3	2,9	3,1	4,1	3,20	4,10	0,60
19	2	ENE	2013	12:30	3,6	4,1	3,2	2,9	3,4	3,7	4,2	3,4	3,56	4,20	0,44
20	2	ENE	2013	13:00	3,5	3,8	4,1	3,7	3,2	4	3,9	4,4	3,83	4,40	0,37
21	2	ENE	2013	13:30	3,1	4,2	3,5	3,7	3,9	4,1	4,5	3,2	3,78	4,50	0,49
22	2	ENE	2013	14:00	3,2	3,6	4,1	3,9	3,9	4	3,7	3,9	3,79	4,10	0,29
23	2	ENE	2013	14:30	3,4	4,1	3,7	3,6	3,4	4,3	3,9	3,2	3,70	4,30	0,38
24	2	ENE	2013	15:00	3,5	4,1	3,8	3,7	3,6	4,2	3,9	3,3	3,76	4,20	0,30
25	2	ENE	2013	15:30	2,1	2,3	2,7	2,9	3	2,2	2,1	3,4	2,59	3,40	0,49
26	2	ENE	2013	16:00	3,9	2,7	2,8	3,1	3,4	3,6	2,9	3	3,18	3,90	0,42
27	2	ENE	2013	16:30	3	3,4	3,2	3,1	2,9	3,5	3,3	3,1	3,19	3,50	0,20
28	2	ENE	2013	17:00	4,2	3,7	3,4	3,3	3,9	4,3	3,6	2,9	3,66	4,30	0,47
29	3	ENE	2013	05:30	3,2	4,3	3,1	2,9	3,7	4,4	3,6	4,1	3,66	4,40	0,57
30	3	ENE	2013	06:00	4,2	3,9	4,6	3,5	4,6	3,7	3,6	4,1	4,03	4,60	0,43

31	3	ENE	2013	06:30	4,5	3,7	4	4,2	4,1	3,6	3,6	4,2	3,99	4,50	0,33
32	3	ENE	2013	07:00	3,2	4,4	3,1	3	3,7	3,5	4,3	3,9	3,64	4,40	0,53
33	3	ENE	2013	07:30	3,5	4,1	3,2	3,3	3,2	4	3,7	3,1	3,51	4,10	0,38
34	3	ENE	2013	08:00	2,7	3,4	2,5	2,6	3,1	2,4	3,2	3,3	2,90	3,40	0,39
35	3	ENE	2013	08:30	3,2	2,6	3,1	2,8	3	3,4	2,7	3,2	3,00	3,40	0,28
36	3	ENE	2013	09:00	3,3	2,7	3,4	3	3,1	2,7	3,2	2,9	3,04	3,40	0,26
37	3	ENE	2013	09:30	1,7	2,5	2,9	1,9	2	1,7	2,3	1,9	2,11	2,90	0,42
38	3	ENE	2013	10:00	2	1,8	2,4	2,3	2,7	1,9	2,4	2,6	2,26	2,70	0,33
39	3	ENE	2013	10:30	2,3	1,9	2	3,1	2,7	2	3,2	2,8	2,50	3,20	0,52
40	3	ENE	2013	11:00	2,6	1,5	2,2	2,3	1,6	3,6	2,5	1,4	2,21	3,60	0,73
41	3	ENE	2013	11:30	2,4	4,1	2,7	3,2	2,1	3,9	2,4	2,2	2,88	4,10	0,77
42	3	ENE	2013	12:00	2,1	1,8	2,4	2,3	2,2	3,2	2,7	3	2,46	3,20	0,47
43	3	ENE	2013	12:30	3	2,7	4,1	2,9	2,6	3,8	2,4	2,1	2,95	4,10	0,68
44	3	ENE	2013	13:00	3,2	3,5	2,8	4	3,1	3,7	3,5	2,6	3,30	4,00	0,47
45	3	ENE	2013	13:30	3,9	4,2	3,5	3,7	3,3	4	2,9	3,7	3,65	4,20	0,41
46	3	ENE	2013	14:00	2,9	3,1	3,9	2,6	3,7	2,7	3	2,7	3,08	3,90	0,48
47	3	ENE	2013	14:30	2,7	3,5	2,9	3,2	3,4	2,9	3,7	3,3	3,20	3,70	0,34
48	3	ENE	2013	15:00	3,2	2,9	4	3,6	4,6	4	3,9	4,6	3,85	4,60	0,60
49	3	ENE	2013	15:30	4,3	3,9	4,1	3,7	4,5	3,7	4,2	3,6	4,00	4,50	0,33
50	3	ENE	2013	16:00	4,2	4,5	4,7	3,9	4,6	4,8	4,3	4,4	4,43	4,80	0,29
51	3	ENE	2013	16:30	4,1	4,2	3,6	3,5	3,7	4	3,2	3,9	3,78	4,20	0,34
52	3	ENE	2013	17:00	3,7	2,6	3,5	4,1	3,6	3,9	2,9	3,5	3,48	4,10	0,50
53	3	ENE	2013	17:30	2,3	3,2	3,1	3,5	2,7	2,9	3	2,6	2,91	3,50	0,38
54	3	ENE	2013	18:00	3,2	2,9	3,4	3,8	3,6	2,7	3,2	2,9	3,21	3,80	0,38
55	3	ENE	2013	18:30	3,5	3,7	3,2	3,9	2,7	3,6	3,2	4,1	3,49	4,10	0,45
56	3	ENE	2013	19:00	3,2	2,9	3,4	2,7	3,5	3,3	4,1	3,6	3,34	4,10	0,43
57	3	ENE	2013	19:30	4	3,3	3,1	3,2	3,5	3,9	3,6	2,7	3,41	4,00	0,43
58	4	ENE	2013	05:30	2,4	3,1	2,6	2,7	3	2,9	3,2	2,7	2,83	3,20	0,27
59	4	ENE	2013	06:00	2,5	2,8	3	2,7	3,1	2,9	3,2	2,6	2,85	3,20	0,24
60	4	ENE	2013	06:30	2,3	2,1	2,5	2	2,4	2,6	2	1,8	2,21	2,60	0,28
61	4	ENE	2013	07:00	3,4	2,9	3,1	2,6	3	2,7	2,6	3,2	2,94	3,40	0,29
62	4	ENE	2013	07:30	2,7	2,6	3	2,9	3,1	2,4	2,2	1,9	2,60	3,10	0,41
63	4	ENE	2013	08:00	3	2,4	2,7	2,5	2,8	3	3,1	2	2,69	3,10	0,37
64	4	ENE	2013	09:00	3,4	3,2	3,1	3,6	3,7	2,9	3	2,2	3,14	3,70	0,47
65	4	ENE	2013	10:00	3,3	2,9	2,8	3,5	3,8	3,7	3,1	3,5	3,33	3,80	0,37

66	4	ENE	2013	11:00	3,6	3,3	3,7	2,9	2,1	2,6	2,2	3,1	2,94	3,70	0,60
67	4	ENE	2013	12:00	3,1	2,9	4	3,3	2	2,3	3,1	4	3,09	4,00	0,71
68	4	ENE	2013	13:00	2,9	2,3	3,8	4	2,2	4,4	4	4,2	3,48	4,40	0,88
69	4	ENE	2013	14:00	4,9	4,2	4,2	3,4	3,6	3,8	3,9	2,6	3,83	4,90	0,67
70	4	ENE	2013	15:00	2,9	3,1	2,6	2,8	4	3,6	3,9	3,4	3,29	4,00	0,52
71	4	ENE	2013	16:00	3,8	4	2,7	2,1	2,5	2,9	2,2	3	2,90	4,00	0,69
72	4	ENE	2013	17:00	2,6	2,5	2,3	2,1	2,7	2	2,9	3,3	2,55	3,30	0,43
73	5	ENE	2013	05:30	3,6	3,1	2,9	2,7	2,8	3,3	2,6	2,5	2,94	3,60	0,37
74	5	ENE	2013	06:00	2,6	3,1	2,7	3,2	2,4	2,4	3	2,9	2,79	3,20	0,31
75	5	ENE	2013	06:30	3	2,7	2,9	3,4	3,2	2,6	2,8	3,1	2,96	3,40	0,27
76	5	ENE	2013	07:00	2,3	2	1,9	2,1	2,4	2	2,4	2,1	2,15	2,40	0,19
77	5	ENE	2013	07:30	2,5	2,8	3	2,3	2,3	3,1	2,9	3,2	2,76	3,20	0,35
78	5	ENE	2013	08:00	2,2	1,9	2,3	2,5	3,1	2,7	2,6	3	2,54	3,10	0,40
79	5	ENE	2013	08:30	3,2	2,7	3	2,9	3,5	3,3	2,9	2,6	3,01	3,50	0,30
80	5	ENE	2013	09:00	3,6	3,9	3,3	3,4	4	3,4	3,6	3,7	3,61	4,00	0,25
81	5	ENE	2013	10:00	3,7	3,5	3	2,9	2,4	2,1	2	2,9	2,81	3,70	0,62
82	5	ENE	2013	11:00	1,6	1,4	4,2	4	4,3	1,6	2,3	2	2,68	4,30	1,27
83	5	ENE	2013	12:00	4	3	2,9	2,6	3,6	3	1,5	1,6	2,78	4,00	0,87
84	5	ENE	2013	13:00	4,4	3,7	3,9	2,7	2,8	4	3,5	3	3,50	4,40	0,61
85	5	ENE	2013	14:00	4,1	2,9	3,5	2,9	3,2	3,5	2,7	3,1	3,24	4,10	0,45
86	5	ENE	2013	15:00	2,3	3,3	2,3	2,8	2,1	3,1	3,3	3	2,78	3,30	0,48
87	6	ENE	2013	05:30	2,9	3,1	2,7	3	2,6	3,1	2,6	2,2	2,78	3,10	0,31
88	6	ENE	2013	06:00	2,4	2,2	2	2	3,3	2,7	3,1	2,9	2,58	3,30	0,50
89	6	ENE	2013	06:30	2,1	2,3	2	2,1	1,9	2,6	1,7	2,2	2,11	2,60	0,27
90	6	ENE	2013	07:00	2,7	2,3	2,9	3,1	1,8	2,4	2	1,6	2,35	3,10	0,53
91	6	ENE	2013	07:30	2,3	2,1	1,9	2	2,4	1,6	2,5	2	2,10	2,50	0,29
92	6	ENE	2013	08:00	2,7	2,5	3,1	1,7	2	1,6	1,2	2,1	2,11	3,10	0,63
93	7	ENE	2013	05:00	3,4	4,4	3,2	2,9	4	4,1	3,9	2,7	3,58	4,40	0,61
94	7	ENE	2013	05:30	3,6	2,4	3,8	4,3	3,9	3,6	4,5	3,9	3,75	4,50	0,63
95	7	ENE	2013	06:00	3,2	4,4	3,4	3,7	3,3	3,5	2,7	3,1	3,41	4,40	0,50
96	7	ENE	2013	06:30	3,1	2,7	3	3,1	3,4	2,1	3,5	2,9	2,98	3,50	0,44
97	7	ENE	2013	07:00	3,2	2,5	3,1	3	3,1	3,3	2,9	3,6	3,09	3,60	0,32
98	10	ENE	2013	06:00	3,7	4,1	3,3	3	4,2	1,3	4	3,1	3,34	4,20	0,94
99	10	ENE	2013	06:30	3,1	2,9	3	2,6	2,8	3,9	3,7	3,6	3,20	3,90	0,47
100	10	ENE	2013	07:00	3	2,6	3,5	4	2,9	3,8	3,4	3,3	3,31	4,00	0,47

101	10	ENE	2013	07:30	2,9	3,1	1,9	2,3	3	3,1	2,6	2	2,61	3,10	0,49
102	10	ENE	2013	08:30	2,3	2,6	1,9	1,8	2	2,4	3	3,1	2,39	3,10	0,49
103	10	ENE	2013	09:00	3,1	2,9	2,7	3,5	3,9	4	2,6	3,3	3,25	4,00	0,52
104	10	ENE	2013	09:30	3,1	2,6	2,5	2,3	1,9	2,1	2,3	2	2,35	3,10	0,39
105	10	ENE	2013	10:00	2,6	3,9	3,4	3,2	3,6	3,5	2,7	2,1	3,13	3,90	0,60
106	10	ENE	2013	10:30	2,5	2,3	2	1,9	1,8	2,3	2,5	2,7	2,25	2,70	0,32
107	10	ENE	2013	11:00	1,9	2,6	2,5	3,1	2,9	3	3,2	3	2,78	3,20	0,43
108	10	ENE	2013	11:30	1,6	3,9	2,9	2,8	3,1	3,2	3,6	3,4	3,06	3,90	0,69
109	10	ENE	2013	12:00	2,2	2,3	1,7	1,5	2	1,8	1,5	1,7	1,84	2,30	0,30
110	10	ENE	2013	12:30	3,1	2,6	2,3	2,2	2,5	2,8	3	2,8	2,66	3,10	0,32
111	10	ENE	2013	13:00	2,8	2,3	2,6	3,1	3,7	3,3	3,9	2,7	3,05	3,90	0,56
112	10	ENE	2013	13:30	2,1	1,6	2,6	3	2,6	2,8	2,3	3	2,50	3,00	0,48
113	10	ENE	2013	14:00	2	2,4	2,9	2,7	2,6	2,4	3,3	2,9	2,65	3,30	0,40
114	10	ENE	2013	14:30	3,3	2,3	2,6	2,6	2,5	2,6	2,3	2,1	2,54	3,30	0,36
115	10	ENE	2013	15:00	3,1	2,4	2,7	2,4	2,9	3	3,1	3,3	2,86	3,30	0,33
116	10	ENE	2013	15:30	1,9	3,2	2,3	2,7	2,1	2,4	2	3	2,45	3,20	0,48
117	10	ENE	2013	16:00	1,9	2,9	2,7	3	2,9	3,2	3,4	3,7	2,96	3,70	0,53
118	10	ENE	2013	16:30	2,1	2,6	2,4	3,1	2,1	2,1	2	2,3	2,34	3,10	0,37
119	10	ENE	2013	17:00	2,9	3,1	2,6	2,7	3,2	3,4	3,6	2,4	2,99	3,60	0,41
120	10	ENE	2013	17:30	2,7	2,9	2,1	2,4	2,3	2,1	3,1	3	2,58	3,10	0,40
121	10	ENE	2013	18:00	2,9	2,5	3,2	3,4	3,9	4	3,7	3,3	3,36	4,00	0,51
122	17	ENE	2013	06:00	0,1	0	0,3	3,9	4,4	3,8	3,6	3,3	2,43	4,40	1,92
123	17	ENE	2013	07:00	0,1	-0,1	0,3	2	1,9	2,2	2	1,6	1,25	2,20	0,97
124	17	ENE	2013	08:00	0,1	-0,1	0,3	1,8	2,6	3,1	3	2,6	1,68	3,10	1,36
125	17	ENE	2013	09:00	0,1	-0,1	0,3	3	2,8	2,5	3	2	1,70	3,00	1,37
126	17	ENE	2013	10:00	0,1	-0,1	0,3	2,8	2,3	3	2,9	1,9	1,65	3,00	1,34
127	17	ENE	2013	11:00	0,1	-0,1	0,3	2,2	2,4	3,3	3,5	3	1,84	3,50	1,50
128	17	ENE	2013	12:00	1	-0,1	1	1,8	2	3	2,1	1,7	1,56	3,00	0,93
129	17	ENE	2013	13:00	1	0,4	1	3,3	2,8	3	3,4	2,6	2,19	3,40	1,19
130	17	ENE	2013	14:00	1	0,5	1	3,1	3,1	3,8	3,5	3	2,38	3,80	1,31
131	17	ENE	2013	15:00	1	0,5	1	3,2	4	3,6	2,8	3,2	2,41	4,00	1,36
132	17	ENE	2013	17:00	1	0,3	1	3	4,2	1,8	2,6	3,4	2,16	4,20	1,36
133	17	ENE	2013	18:00	0	0,1	0	2,4	3	4,2	1,8	3,6	1,89	4,20	1,69
134	19	ENE	2013	06:00	1	-0,4	1	3	3	2,6	2,9	1,8	1,86	3,00	1,24
135	19	ENE	2013	07:00	1	0,1	1	2,8	2,6	2	2	2,2	1,71	2,80	0,92

136	19	ENE	2013	08:00	1	0,2	1	1,9	2	2,1	2,3	1,9	1,55	2,30	0,73
137	19	ENE	2013	09:00	1	-0,1	1	2,7	2,3	2,8	2,2	3	1,86	3,00	1,10
138	19	ENE	2013	10:00	1	-0,1	1	2,2	3,2	3,3	2,9	2,8	2,04	3,30	1,25
139	19	ENE	2013	11:00	1	0,6	1	2,7	2,9	3	3,5	4	2,34	4,00	1,29
140	19	ENE	2013	12:00	1	0,2	1	5,4	6	4,9	5,6	6,8	3,86	6,80	2,66
141	19	ENE	2013	13:00	1	0	1	3,2	1,8	3,3	3,3	3,8	2,18	3,80	1,41
142	19	ENE	2013	14:00	1	0,6	1	6,4	3	4,5	5,3	4,3	3,26	6,40	2,20
143	19	ENE	2013	15:00	1	0,2	1	3,8	3,5	3,9	3,9	3,3	2,58	3,90	1,56
144	19	ENE	2013	16:00	1	0	1	2,1	1,6	3,2	3,3	2,6	1,85	3,30	1,16
145	19	ENE	2013	17:00	0	0,9	1	1,4	2,3	2,7	1,9	3,3	1,69	3,30	1,07
146	20	ENE	2013	05:00	1	-0,1	0	2,2	2	2,5	2,1	1,9	1,45	2,50	1,02
147	20	ENE	2013	06:00	1,5	0	1	1,7	3	2,4	3,2	2,9	1,96	3,20	1,12
148	20	ENE	2013	07:00	1,5	0,1	1,5	1,2	1,7	1,4	1,5	2,5	1,43	2,50	0,66
149	20	ENE	2013	08:00	1,5	0,1	1,5	1,9	2,5	2,2	1,7	1,8	1,65	2,50	0,71
150	20	ENE	2013	09:00	1	0,5	1	3,8	2,9	3,3	2,7	2,1	2,16	3,80	1,21
151	20	ENE	2013	10:00	1	-0,1	1	4	3,2	2,7	2,3	2,5	2,08	4,00	1,34
152	20	ENE	2013	11:00	1	-0,1	1	3,2	2,2	1,9	2,4	2,9	1,81	3,20	1,11
153	20	ENE	2013	12:00	1	0	1	4	3,8	4,2	4,4	3,6	2,75	4,40	1,77
154	20	ENE	2013	13:00	1	-0,1	1	2,2	3,2	3,3	2,8	2,2	1,95	3,30	1,21
155	20	ENE	2013	14:00	1	0	1	2,6	3	3,8	3,7	4	2,39	4,00	1,53
156	20	ENE	2013	15:00	0	-0,1	1	3,8	3,5	3,7	2,7	3,8	2,30	3,80	1,72
157	23	ENE	2013	6:00	5	3	4	4,6	3,8	4,2	5,1	4,1	4,23	5,10	0,68
158	23	ENE	2013	7:00	3,1	3,9	3,8	3,2	3,2	3,4	2	1,6	3,03	3,90	0,82
159	23	ENE	2013	9:00	1,6	1,8	1,8	1,4	1,5	1,4	1,4	2,7	1,70	2,70	0,44
160	23	ENE	2013	10:00	4	1,5	1,6	2,2	1,1	1,8	1,5	1,8	1,94	4,00	0,89
161	23	ENE	2013	11:00	1,6	2,3	4	3,1	4	2,3	3	2,9	2,90	4,00	0,83
162	23	ENE	2013	12:00	3,2	4	3	3,2	4	3,8	3,7	4,4	3,66	4,40	0,49
163	23	ENE	2013	13:00	2	3	4	2,4	3	2,9	3	3,4	2,96	4,00	0,60
164	23	ENE	2013	14:00	3,3	2,2	2,1	2,1	1,6	2,1	2,6	2,2	2,28	3,30	0,49
165	23	ENE	2013	15:00	3,5	2,9	2,5	2,5	3	4	3,8	3,1	3,16	4,00	0,56
166	23	ENE	2013	16:00	4	2,6	3,6	3,7	3,6	2,3	3,2	2,2	3,15	4,00	0,69
167	23	ENE	2013	17:00	3,8	4,1	3,3	2,9	3,5	2,7	3,3	3,5	3,39	4,10	0,45
168	23	ENE	2013	18:00	3,7	2,2	1,9	2,1	2,6	3,4	1,9	3,2	2,63	3,70	0,72
169	24	ENE	2013	8:00	5,3	5,2	4,8	5,2	4,1	4,2	4,3	3,2	4,54	5,30	0,72
170	24	ENE	2013	10:00	2,1	3,6	3,8	3,4	3,8	3,6	4	3,8	3,51	4,00	0,60

171	24	ENE	2013	11:00	2,2	2,1	2,2	2,6	2,1	2	1,8	2,2	2,15	2,60	0,23
172	24	ENE	2013	12:00	2,1	2,2	1,3	2,2	1,6	1,9	1,6	2,1	1,88	2,20	0,34
173	24	ENE	2013	13:00	3,4	4	2,8	3,7	2,9	2,6	2,2	2,5	3,01	4,00	0,63
174	24	ENE	2013	14:00	2,8	2,6	2,1	2,6	2,5	2,2	2	3	2,48	3,00	0,35
175	24	ENE	2013	15:00	3	1,9	2,3	1,4	2,3	2,4	2,3	2,6	2,28	3,00	0,47
176	24	ENE	2013	16:00	3,8	3	3,7	3,2	3,4	4	4,5	3,9	3,69	4,50	0,48
177	24	ENE	2013	17:00	2,5	4	3,6	2,1	3,1	2,5	3,6	3,2	3,08	4,00	0,66
178	24	ENE	2013	18:00	3,6	2,9	3,5	4	4,1	3,8	3,7	1,6	3,40	4,10	0,81
179	24	ENE	2013	19:00	3,9	4	3,8	3,9	4	3,5	3,3	3,9	3,79	4,00	0,25
180	25	ENE	2013	6:00	2,3	1,7	2	2,2	2,2	1,9	2,1	3	2,18	3,00	0,38
181	25	ENE	2013	7:00	2,9	3,1	2,4	2,4	2,3	3,8	2,8	3,2	2,86	3,80	0,51
182	25	ENE	2013	8:00	2,5	3,2	1,9	3,3	3,5	2,4	2,7	3,4	2,86	3,50	0,57
183	25	ENE	2013	9:00	3,9	2,4	2,8	4	3,8	2,6	2,2	3,9	3,20	4,00	0,77
184	25	ENE	2013	10:00	3,5	3,2	2,5	3,6	4,2	3,3	3,8	4,4	3,56	4,40	0,60
185	25	ENE	2013	12:00	6	5,6	3,9	5,3	4,2	3,2	3,6	3	4,35	6,00	1,14
186	25	ENE	2013	13:00	3,7	3,1	3,5	4	3,9	2,9	3,3	3	3,43	4,00	0,42
187	25	ENE	2013	14:00	3,3	3,8	4	3,4	2,3	3,1	3,4	2,8	3,26	4,00	0,54
188	25	ENE	2013	15:00	2,9	3,6	3,2	3,6	4	3,5	3,2	3	3,38	4,00	0,37
189	25	ENE	2013	16:00	3,8	4,3	4,6	4,2	4,4	3,5	3,2	3,7	3,96	4,60	0,49
190	25	ENE	2013	17:00	2,9	3,3	3,6	3	3,3	2,9	2,7	3,1	3,10	3,60	0,29
191	26	ENE	2013	6:00	2	2	2,4	2,8	2,8	3,2	2,6	2,1	2,49	3,20	0,44
192	26	ENE	2013	7:00	3	3,6	2,7	2,4	2,1	3,3	2,1	1,9	2,64	3,60	0,62
193	26	ENE	2013	8:00	3,6	3,3	3,8	3,7	3	3,5	3,8	3,8	3,56	3,80	0,29
194	26	ENE	2013	9:00	3,2	3,1	3,4	3,1	3	2,6	2,3	3,2	2,99	3,40	0,36
195	26	ENE	2013	10:00	3,4	3,2	3	2,8	2,9	2,8	2,6	3,4	3,01	3,40	0,29
196	26	ENE	2013	12:00	3,2	3,5	3,7	3,3	3,9	2,1	3,9	3,5	3,39	3,90	0,58
197	26	ENE	2013	13:00	2,7	3,3	3,2	3,9	4	4	3,5	3,1	3,46	4,00	0,47
198	26	ENE	2013	14:00	3,1	2,3	2,9	3,1	3,5	2,4	3,2	3,3	2,98	3,50	0,42
199	26	ENE	2013	15:00	2,7	3,2	3,2	3,5	3,9	3,2	2,9	3,2	3,23	3,90	0,36
200	26	ENE	2013	16:00	1,8	3,2	3,2	2,4	2,9	3,1	2,7	3,9	2,90	3,90	0,62
201	27	ENE	2013	8:00	3,4	4,1	4,6	2,1	3,2	3,8	4,4	3,9	3,69	4,60	0,79
202	27	ENE	2013	9:00	3,5	3,7	4	3,8	3,2	3,9	4,1	3,8	3,75	4,10	0,29
203	27	ENE	2013	10:00	2,2	2,3	1,9	2,2	2,3	1,8	3,2	1,9	2,23	3,20	0,44
204	27	ENE	2013	11:00	2,1	3,6	4	2,2	2,2	3,8	2,5	2,7	2,89	4,00	0,79
205	27	ENE	2013	12:00	3,5	2,2	2,4	2,9	2,3	2,9	2,1	2,7	2,63	3,50	0,47

206	27	ENE	2013	14:00	2	2,5	2,9	3	3,4	1,9	2,6	3	2,66	3,40	0,52
207	27	ENE	2013	15:00	3,2	2,9	3,2	2,6	3	3,7	2,9	2	2,94	3,70	0,50
208	27	ENE	2013	16:00	2,4	3,2	3,6	3,1	3,6	2,6	3,9	3,4	3,23	3,90	0,51
209	27	ENE	2013	17:00	2,3	3,1	3,8	3,7	2,6	3,4	3,8	2,9	3,20	3,80	0,57
210	27	ENE	2013	18:00	2,1	3,6	2,2	3,2	3	2,6	3,3	3,8	2,98	3,80	0,63
211	28	ENE	2013	9:00	1,5	1	1,2	0,9	1,1	1,5	1,2	1,8	1,28	1,80	0,30
212	28	ENE	2013	10:00	1,9	2,2	1,5	1,6	2,9	2,3	2,1	2,4	2,11	2,90	0,45
213	28	ENE	2013	11:00	2,2	1,7	2	2,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,90	2,70	0,41
214	28	ENE	2013	12:00	3,2	1,8	5,6	2,4	4,9	6,1	5,8	3,6	4,18	6,10	1,65
215	28	ENE	2013	13:00	2,7	3,3	2,9	3,7	3,3	3,5	2,9	2,6	3,11	3,70	0,39
216	28	ENE	2013	14:00	2,8	3,5	3,2	2,2	2,5	3,6	3,8	2,5	3,01	3,80	0,59
217	28	ENE	2013	15:00	2,5	1,9	2,4	2,8	3	3,4	2,2	2	2,53	3,40	0,51
218	28	ENE	2013	16:00	3,4	4,9	4,6	3	3,8	3,2	4,4	3,4	3,84	4,90	0,71
219	28	ENE	2013	17:00	3,2	3,6	3,8	3,4	3	2,8	3,6	3,7	3,39	3,80	0,36
220	28	ENE	2013	18:00	3,8	3,5	3,6	3,8	4	2,9	3,2	3,4	3,53	4,00	0,36
221	30	ENE	2013	6:00	2,6	1,9	2,9	1,6	2	2,2	1,7	2,9	2,23	2,90	0,52
222	30	ENE	2013	7:00	3,2	2	1,5	2,2	1,6	2,1	2,2	2,5	2,16	3,20	0,53
223	30	ENE	2013	8:00	2,9	3,3	2,5	4,4	5	3,8	6	4,6	4,06	6,00	1,16
224	30	ENE	2013	9:00	3,4	3,1	2,7	3,2	2,4	2,3	1,7	2,1	2,61	3,40	0,59
225	30	ENE	2013	10:00	3,9	4,1	3,6	3,8	4,2	2,2	3,2	4,2	3,65	4,20	0,68
226	30	ENE	2013	11:00	1,8	1,7	2,2	1,5	1,6	1,4	1,4	2	1,70	2,20	0,29
227	30	ENE	2013	12:00	3,1	3,1	3,2	1,7	2,2	2,5	3,2	2,9	2,74	3,20	0,55
228	30	ENE	2013	13:00	3	3,3	3,5	3,7	3,1	2,9	3	3,3	3,23	3,70	0,28
229	30	ENE	2013	14:00	2,1	2,5	2,5	2,7	2,2	3	3,5	2,1	2,58	3,50	0,49
230	30	ENE	2013	15:00	2,7	3,2	2	2,2	2,6	2,5	3	1,9	2,51	3,20	0,46
231	30	ENE	2013	16:00	1,6	1,7	2,5	1,2	1,3	1,2	2,3	1,3	1,64	2,50	0,51
232	30	ENE	2013	17:00	3	2,9	3,5	3,7	3,3	3,1	3,2	3	3,21	3,70	0,27
233	30	ENE	2013	18:00	2,2	2,3	1,3	0,7	1,9	1,7	2,2	1,9	1,78	2,30	0,54
234	30	ENE	2013	19:00	3	3,5	2,2	3,4	3	3,9	3,1	3,5	3,20	3,90	0,51
235	30	ENE	2013	20:00	2,9	2,7	3,1	3,4	3,6	2,6	3,4	2,6	3,04	3,60	0,40
236	31	ENE	2013	8:00	4,4	3,6	6,3	4,3	5	4,2	5,1	3,9	4,60	6,30	0,85
237	31	ENE	2013	9:00	5,2	5,4	4,8	3,9	6,3	5,7	5,3	5,4	5,25	6,30	0,69
238	31	ENE	2013	10:00	3	2,7	3,4	2,4	2,9	4	1,8	2,4	2,83	4,00	0,67
239	31	ENE	2013	11:00	3,3	3,6	4,4	4,1	2,3	3,2	3,3	3,6	3,48	4,40	0,63
240	31	ENE	2013	12:00	3,7	3,2	2,7	3,2	3,7	3,8	4,4	2,4	3,39	4,40	0,64

241	31	ENE	2013	14:00	3,6	2,2	2,2	4	3,2	2,9	2,2	1,7	2,75	4,00	0,80
242	31	ENE	2013	15:00	3,5	3,3	3,1	2,9	3,3	3,5	3	2,8	3,18	3,50	0,27
243	31	ENE	2013	16:00	4,8	4,8	3,6	4,9	2,8	4,7	4,1	5	4,34	5,00	0,78
244	31	ENE	2013	17:00	2,9	2,7	3,5	2,4	3,4	2,3	3,7	3,1	3,00	3,70	0,52

Fuente: Pimpollo S.A.S

ANEXO B Muestras seleccionados para el cálculo de los límites de control

m	Día	Mes	Año	Hora	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	MEDIA	RANGO	s
1	2	ENE	2013	03:30	3,2	2,9	3,1	2,7	3	2,6	3,2	3,1	2,98	2,98	0,23
2	2	ENE	2013	04:00	2,7	2,5	2,6	3,1	2,9	2,4	2,9	3,3	2,80	2,80	0,31
3	2	ENE	2013	04:30	2,9	3,4	2,6	2,9	3,2	3	2,7	3,1	2,98	2,98	0,26
4	2	ENE	2013	05:00	2,4	2,7	3,5	2,9	2	2,2	3,1	2,6	2,68	2,68	0,49
5	2	ENE	2013	05:30	3,6	2,7	3,1	2,4	4	2,9	3	3,3	3,13	3,13	0,51
6	2	ENE	2013	06:00	3,1	3	2,7	3,2	2,2	3,1	3,4	2,9	2,95	2,95	0,37
7	2	ENE	2013	06:30	2,7	3,1	2,5	3	2,9	2,6	3,4	2,6	2,85	2,85	0,31
8	2	ENE	2013	07:00	3,2	2,9	3,4	4,1	3,6	3,4	2,5	3,2	3,29	3,29	0,47
9	2	ENE	2013	07:30	3,1	2,7	3,8	3,6	3,4	4,1	3,6	3,3	3,45	3,45	0,43
10	2	ENE	2013	08:00	3,2	2,5	4,1	2,9	3,7	3,6	3,1	2,8	3,24	3,24	0,53
11	2	ENE	2013	08:30	3	2,9	3,7	2,6	2,3	3,1	2,6	2,9	2,89	2,89	0,42
12	2	ENE	2013	09:00	3,3	2,5	3,4	3	3,2	2,9	3,1	3,6	3,13	3,13	0,34
13	2	ENE	2013	09:30	3,2	3,4	3,1	2,9	3,6	3,5	3,4	2,7	3,23	3,23	0,31
14	2	ENE	2013	10:00	1,5	2,9	2,4	2,3	2,7	2,6	2,3	2,9	2,45	2,45	0,45
15	2	ENE	2013	10:30	2,4	3,2	3,1	2,6	2,7	3,6	2,4	3,3	2,91	2,91	0,45
17	2	ENE	2013	11:30	3	2,7	3,4	2,6	3	2,5	3,2	3	2,93	2,93	0,31
18	2	ENE	2013	12:00	3,2	4	2,6	2,4	3,3	2,9	3,1	4,1	3,20	3,20	0,60
25	2	ENE	2013	15:30	2,1	2,3	2,7	2,9	3	2,2	2,1	3,4	2,59	2,59	0,49
26	2	ENE	2013	16:00	3,9	2,7	2,8	3,1	3,4	3,6	2,9	3	3,18	3,18	0,42
27	2	ENE	2013	16:30	3	3,4	3,2	3,1	2,9	3,5	3,3	3,1	3,19	3,19	0,20
34	3	ENE	2013	08:00	2,7	3,4	2,5	2,6	3,1	2,4	3,2	3,3	2,90	2,90	0,39
35	3	ENE	2013	08:30	3,2	2,6	3,1	2,8	3	3,4	2,7	3,2	3,00	3,00	0,28
36	3	ENE	2013	09:00	3,3	2,7	3,4	3	3,1	2,7	3,2	2,9	3,04	3,04	0,26
39	3	ENE	2013	10:30	2,3	1,9	2	3,1	2,7	2	3,2	2,8	2,50	2,50	0,52
41	3	ENE	2013	11:30	2,4	4,1	2,7	3,2	2,1	3,9	2,4	2,2	2,88	2,88	0,77
42	3	ENE	2013	12:00	2,1	1,8	2,4	2,3	2,2	3,2	2,7	3	2,46	2,46	0,47
43	3	ENE	2013	12:30	3	2,7	4,1	2,9	2,6	3,8	2,4	2,1	2,95	2,95	0,68
44	3	ENE	2013	13:00	3,2	3,5	2,8	4	3,1	3,7	3,5	2,6	3,30	3,30	0,47
46	3	ENE	2013	14:00	2,9	3,1	3,9	2,6	3,7	2,7	3	2,7	3,08	3,08	0,48
47	3	ENE	2013	14:30	2,7	3,5	2,9	3,2	3,4	2,9	3,7	3,3	3,20	3,20	0,34
52	3	ENE	2013	17:00	3,7	2,6	3,5	4,1	3,6	3,9	2,9	3,5	3,48	3,48	0,50
53	3	ENE	2013	17:30	2,3	3,2	3,1	3,5	2,7	2,9	3	2,6	2,91	2,91	0,38

54	3	ENE	2013	18:00	3,2	2,9	3,4	3,8	3,6	2,7	3,2	2,9	3,21	3,21	0,38
56	3	ENE	2013	19:00	3,2	2,9	3,4	2,7	3,5	3,3	4,1	3,6	3,34	3,34	0,43
57	3	ENE	2013	19:30	4	3,3	3,1	3,2	3,5	3,9	3,6	2,7	3,41	3,41	0,43
58	4	ENE	2013	05:30	2,4	3,1	2,6	2,7	3	2,9	3,2	2,7	2,83	2,83	0,27
59	4	ENE	2013	06:00	2,5	2,8	3	2,7	3,1	2,9	3,2	2,6	2,85	2,85	0,24
61	4	ENE	2013	07:00	3,4	2,9	3,1	2,6	3	2,7	2,6	3,2	2,94	2,94	0,29
62	4	ENE	2013	07:30	2,7	2,6	3	2,9	3,1	2,4	2,2	1,9	2,60	2,60	0,41
63	4	ENE	2013	08:00	3	2,4	2,7	2,5	2,8	3	3,1	2	2,69	2,69	0,37
64	4	ENE	2013	09:00	3,4	3,2	3,1	3,6	3,7	2,9	3	2,2	3,14	3,14	0,47
65	4	ENE	2013	10:00	3,3	2,9	2,8	3,5	3,8	3,7	3,1	3,5	3,33	3,33	0,37
66	4	ENE	2013	11:00	3,6	3,3	3,7	2,9	2,1	2,6	2,2	3,1	2,94	2,94	0,60
67	4	ENE	2013	12:00	3,1	2,9	4	3,3	2	2,3	3,1	4	3,09	3,09	0,71
68	4	ENE	2013	13:00	2,9	2,3	3,8	4	2,2	4,4	4	4,2	3,48	3,48	0,88
70	4	ENE	2013	15:00	2,9	3,1	2,6	2,8	4	3,6	3,9	3,4	3,29	3,29	0,52
71	4	ENE	2013	16:00	3,8	4	2,7	2,1	2,5	2,9	2,2	3	2,90	2,90	0,69
72	4	ENE	2013	17:00	2,6	2,5	2,3	2,1	2,7	2	2,9	3,3	2,55	2,55	0,43
73	5	ENE	2013	05:30	3,6	3,1	2,9	2,7	2,8	3,3	2,6	2,5	2,94	2,94	0,37
74	5	ENE	2013	06:00	2,6	3,1	2,7	3,2	2,4	2,4	3	2,9	2,79	2,79	0,31
75	5	ENE	2013	06:30	3	2,7	2,9	3,4	3,2	2,6	2,8	3,1	2,96	2,96	0,27
77	5	ENE	2013	07:30	2,5	2,8	3	2,3	2,3	3,1	2,9	3,2	2,76	2,76	0,35
78	5	ENE	2013	08:00	2,2	1,9	2,3	2,5	3,1	2,7	2,6	3	2,54	2,54	0,40
79	5	ENE	2013	08:30	3,2	2,7	3	2,9	3,5	3,3	2,9	2,6	3,01	3,01	0,30
81	5	ENE	2013	10:00	3,7	3,5	3	2,9	2,4	2,1	2	2,9	2,81	2,81	0,62
82	5	ENE	2013	11:00	1,6	1,4	4,2	4	4,3	1,6	2,3	2	2,68	2,68	1,27
83	5	ENE	2013	12:00	4	3	2,9	2,6	3,6	3	1,5	1,6	2,78	2,78	0,87
85	5	ENE	2013	14:00	4,1	2,9	3,5	2,9	3,2	3,5	2,7	3,1	3,24	3,24	0,45
86	5	ENE	2013	15:00	2,3	3,3	2,3	2,8	2,1	3,1	3,3	3	2,78	2,78	0,48
87	6	ENE	2013	05:30	2,9	3,1	2,7	3	2,6	3,1	2,6	2,2	2,78	2,78	0,31
88	6	ENE	2013	06:00	2,4	2,2	2	2	3,3	2,7	3,1	2,9	2,58	2,58	0,50
90	6	ENE	2013	07:00	2,7	2,3	2,9	3,1	1,8	2,4	2	1,6	2,35	2,35	0,53
95	7	ENE	2013	06:00	3,2	4,4	3,4	3,7	3,3	3,5	2,7	3,1	3,41	3,41	0,50
96	7	ENE	2013	06:30	3,1	2,7	3	3,1	3,4	2,1	3,5	2,9	2,98	2,98	0,44
97	7	ENE	2013	07:00	3,2	2,5	3,1	3	3,1	3,3	2,9	3,6	3,09	3,09	0,32
98	10	ENE	2013	06:00	3,7	4,1	3,3	3	4,2	1,3	4	3,1	3,34	3,34	0,94
99	10	ENE	2013	06:30	3,1	2,9	3	2,6	2,8	3,9	3,7	3,6	3,20	3,20	0,47

100	10	ENE	2013	07:00	3	2,6	3,5	4	2,9	3,8	3,4	3,3	3,31	3,31	0,47
101	10	ENE	2013	07:30	2,9	3,1	1,9	2,3	3	3,1	2,6	2	2,61	2,61	0,49
102	10	ENE	2013	08:30	2,3	2,6	1,9	1,8	2	2,4	3	3,1	2,39	2,39	0,49
103	10	ENE	2013	09:00	3,1	2,9	2,7	3,5	3,9	4	2,6	3,3	3,25	3,25	0,52
104	10	ENE	2013	09:30	3,1	2,6	2,5	2,3	1,9	2,1	2,3	2	2,35	2,35	0,39
105	10	ENE	2013	10:00	2,6	3,9	3,4	3,2	3,6	3,5	2,7	2,1	3,13	3,13	0,60
107	10	ENE	2013	11:00	1,9	2,6	2,5	3,1	2,9	3	3,2	3	2,78	2,78	0,43
108	10	ENE	2013	11:30	1,6	3,9	2,9	2,8	3,1	3,2	3,6	3,4	3,06	3,06	0,69
110	10	ENE	2013	12:30	3,1	2,6	2,3	2,2	2,5	2,8	3	2,8	2,66	2,66	0,32
111	10	ENE	2013	13:00	2,8	2,3	2,6	3,1	3,7	3,3	3,9	2,7	3,05	3,05	0,56
112	10	ENE	2013	13:30	2,1	1,6	2,6	3	2,6	2,8	2,3	3	2,50	2,50	0,48
113	10	ENE	2013	14:00	2	2,4	2,9	2,7	2,6	2,4	3,3	2,9	2,65	2,65	0,40
114	10	ENE	2013	14:30	3,3	2,3	2,6	2,6	2,5	2,6	2,3	2,1	2,54	2,54	0,36
115	10	ENE	2013	15:00	3,1	2,4	2,7	2,4	2,9	3	3,1	3,3	2,86	2,86	0,33
116	10	ENE	2013	15:30	1,9	3,2	2,3	2,7	2,1	2,4	2	3	2,45	2,45	0,48
117	10	ENE	2013	16:00	1,9	2,9	2,7	3	2,9	3,2	3,4	3,7	2,96	2,96	0,53
118	10	ENE	2013	16:30	2,1	2,6	2,4	3,1	2,1	2,1	2	2,3	2,34	2,34	0,37
119	10	ENE	2013	17:00	2,9	3,1	2,6	2,7	3,2	3,4	3,6	2,4	2,99	2,99	0,41
120	10	ENE	2013	17:30	2,7	2,9	2,1	2,4	2,3	2,1	3,1	3	2,58	2,58	0,40
121	10	ENE	2013	18:00	2,9	2,5	3,2	3,4	3,9	4	3,7	3,3	3,36	3,36	0,51
122	17	ENE	2013	06:00	0,1	0	0,3	3,9	4,4	3,8	3,6	3,3	2,43	2,43	1,92
130	17	ENE	2013	14:00	1	0,5	1	3,1	3,1	3,8	3,5	3	2,38	2,38	1,31
131	17	ENE	2013	15:00	1	0,5	1	3,2	4	3,6	2,8	3,2	2,41	2,41	1,36
139	19	ENE	2013	11:00	1	0,6	1	2,7	2,9	3	3,5	4	2,34	2,34	1,29
143	19	ENE	2013	15:00	1	0,2	1	3,8	3,5	3,9	3,9	3,3	2,58	2,58	1,56
153	20	ENE	2013	12:00	1	0	1	4	3,8	4,2	4,4	3,6	2,75	2,75	1,77
155	20	ENE	2013	14:00	1	0	1	2,6	3	3,8	3,7	4	2,39	2,39	1,53
158	23	ENE	2013	7:00	3,1	3,9	3,8	3,2	3,2	3,4	2	1,6	3,03	3,03	0,82
161	23	ENE	2013	11:00	1,6	2,3	4	3,1	4	2,3	3	2,9	2,90	2,90	0,83
163	23	ENE	2013	13:00	2	3	4	2,4	3	2,9	3	3,4	2,96	2,96	0,60
165	23	ENE	2013	15:00	3,5	2,9	2,5	2,5	3	4	3,8	3,1	3,16	3,16	0,56
166	23	ENE	2013	16:00	4	2,6	3,6	3,7	3,6	2,3	3,2	2,2	3,15	3,15	0,69
167	23	ENE	2013	17:00	3,8	4,1	3,3	2,9	3,5	2,7	3,3	3,5	3,39	3,39	0,45
168	23	ENE	2013	18:00	3,7	2,2	1,9	2,1	2,6	3,4	1,9	3,2	2,63	2,63	0,72
173	24	ENE	2013	13:00	3,4	4	2,8	3,7	2,9	2,6	2,2	2,5	3,01	3,01	0,63

174	24	ENE	2013	14:00	2,8	2,6	2,1	2,6	2,5	2,2	2	3	2,48	2,48	0,35
177	24	ENE	2013	17:00	2,5	4	3,6	2,1	3,1	2,5	3,6	3,2	3,08	3,08	0,66
178	24	ENE	2013	18:00	3,6	2,9	3,5	4	4,1	3,8	3,7	1,6	3,40	3,40	0,81
181	25	ENE	2013	7:00	2,9	3,1	2,4	2,4	2,3	3,8	2,8	3,2	2,86	2,86	0,51
182	25	ENE	2013	8:00	2,5	3,2	1,9	3,3	3,5	2,4	2,7	3,4	2,86	2,86	0,57
183	25	ENE	2013	9:00	3,9	2,4	2,8	4	3,8	2,6	2,2	3,9	3,20	3,20	0,77
186	25	ENE	2013	13:00	3,7	3,1	3,5	4	3,9	2,9	3,3	3	3,43	3,43	0,42
187	25	ENE	2013	14:00	3,3	3,8	4	3,4	2,3	3,1	3,4	2,8	3,26	3,26	0,54
188	25	ENE	2013	15:00	2,9	3,6	3,2	3,6	4	3,5	3,2	3	3,38	3,38	0,37
190	25	ENE	2013	17:00	2,9	3,3	3,6	3	3,3	2,9	2,7	3,1	3,10	3,10	0,29
191	26	ENE	2013	6:00	2	2	2,4	2,8	2,8	3,2	2,6	2,1	2,49	2,49	0,44
192	26	ENE	2013	7:00	3	3,6	2,7	2,4	2,1	3,3	2,1	1,9	2,64	2,64	0,62
194	26	ENE	2013	9:00	3,2	3,1	3,4	3,1	3	2,6	2,3	3,2	2,99	2,99	0,36
195	26	ENE	2013	10:00	3,4	3,2	3	2,8	2,9	2,8	2,6	3,4	3,01	3,01	0,29
196	26	ENE	2013	12:00	3,2	3,5	3,7	3,3	3,9	2,1	3,9	3,5	3,39	3,39	0,58
197	26	ENE	2013	13:00	2,7	3,3	3,2	3,9	4	4	3,5	3,1	3,46	3,46	0,47
198	26	ENE	2013	14:00	3,1	2,3	2,9	3,1	3,5	2,4	3,2	3,3	2,98	2,98	0,42
199	26	ENE	2013	15:00	2,7	3,2	3,2	3,5	3,9	3,2	2,9	3,2	3,23	3,23	0,36
200	26	ENE	2013	16:00	1,8	3,2	3,2	2,4	2,9	3,1	2,7	3,9	2,90	2,90	0,62
204	27	ENE	2013	11:00	2,1	3,6	4	2,2	2,2	3,8	2,5	2,7	2,89	2,89	0,79
205	27	ENE	2013	12:00	3,5	2,2	2,4	2,9	2,3	2,9	2,1	2,7	2,63	2,63	0,47
206	27	ENE	2013	14:00	2	2,5	2,9	3	3,4	1,9	2,6	3	2,66	2,66	0,52
207	27	ENE	2013	15:00	3,2	2,9	3,2	2,6	3	3,7	2,9	2	2,94	2,94	0,50
208	27	ENE	2013	16:00	2,4	3,2	3,6	3,1	3,6	2,6	3,9	3,4	3,23	3,23	0,51
209	27	ENE	2013	17:00	2,3	3,1	3,8	3,7	2,6	3,4	3,8	2,9	3,20	3,20	0,57
210	27	ENE	2013	18:00	2,1	3,6	2,2	3,2	3	2,6	3,3	3,8	2,98	2,98	0,63
215	28	ENE	2013	13:00	2,7	3,3	2,9	3,7	3,3	3,5	2,9	2,6	3,11	3,11	0,39
216	28	ENE	2013	14:00	2,8	3,5	3,2	2,2	2,5	3,6	3,8	2,5	3,01	3,01	0,59
217	28	ENE	2013	15:00	2,5	1,9	2,4	2,8	3	3,4	2,2	2	2,53	2,53	0,51
219	28	ENE	2013	17:00	3,2	3,6	3,8	3,4	3	2,8	3,6	3,7	3,39	3,39	0,36
224	30	ENE	2013	9:00	3,4	3,1	2,7	3,2	2,4	2,3	1,7	2,1	2,61	2,61	0,59
227	30	ENE	2013	12:00	3,1	3,1	3,2	1,7	2,2	2,5	3,2	2,9	2,74	2,74	0,55
228	30	ENE	2013	13:00	3	3,3	3,5	3,7	3,1	2,9	3	3,3	3,23	3,23	0,28
229	30	ENE	2013	14:00	2,1	2,5	2,5	2,7	2,2	3	3,5	2,1	2,58	2,58	0,49
230	30	ENE	2013	15:00	2,7	3,2	2	2,2	2,6	2,5	3	1,9	2,51	2,51	0,46

232	30	ENE	2013	17:00	3	2,9	3,5	3,7	3,3	3,1	3,2	3	3,21	3,21	0,27
234	30	ENE	2013	19:00	3	3,5	2,2	3,4	3	3,9	3,1	3,5	3,20	3,20	0,51
235	30	ENE	2013	20:00	2,9	2,7	3,1	3,4	3,6	2,6	3,4	2,6	3,04	3,04	0,40
238	31	ENE	2013	10:00	3	2,7	3,4	2,4	2,9	4	1,8	2,4	2,83	2,83	0,67
239	31	ENE	2013	11:00	3,3	3,6	4,4	4,1	2,3	3,2	3,3	3,6	3,48	3,48	0,63
240	31	ENE	2013	12:00	3,7	3,2	2,7	3,2	3,7	3,8	4,4	2,4	3,39	3,39	0,64
241	31	ENE	2013	14:00	3,6	2,2	2,2	4	3,2	2,9	2,2	1,7	2,75	2,75	0,80
242	31	ENE	2013	15:00	3,5	3,3	3,1	2,9	3,3	3,5	3	2,8	3,18	3,18	0,27
244	31	ENE	2013	17:00	2,9	2,7	3,5	2,4	3,4	2,3	3,7	3,1	3,00	3,00	0,52

Fuente: Pimpollo S.A.S