

**PROPUESTA Y DESARROLLO DE UN MODELO ESTADÍSTICO PARA  
PREDECIR EL PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN Y CALIDAD DE JET  
OBTENIDO EN UNA UNIDAD DE HIDROTRATAMIENTO DE DIÉSEL**

**CAMILA MARGARITA RAMÍREZ BELTRÁN  
ALVARO JAVIER VESGA GAVANZO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA**

**2015**

**PROPUESTA Y DESARROLLO DE UN MODELO ESTADÍSTICO PARA  
PREDECIR EL PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN Y CALIDAD DE JET  
OBTENIDO EN UNA UNIDAD DE HIDROTRATAMIENTO DE DIÉSEL**

**CAMILA MARGARITA RAMÍREZ BELTRÁN  
ALVARO JAVIER VESGA GAVANZO**

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Químico**

**Director**

**Luis Javier López Giraldo  
Ingeniero Químico, PhD.**

**Codirector**

**Julio César Hurtado León  
Ingeniero de Producción**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA**

**2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro director, el Ingeniero Químico, PhD, Luis Javier López Giraldo, por su total entrega, sus buenos consejos, por brindarnos todo su conocimiento y dedicación para alcanzar esta meta.

A nuestro codirector, el Ingeniero de Producción, Julio Cesar Hurtado León, por ayudarnos siempre a resolver todas las dudas con ayuda de su experiencia e incondicionalidad en todo momento para sacar este proyecto adelante.

## DEDICATORIAS

*A Dios, por haberme dado salud y sabiduría que me permitieron cumplir esta meta.*

*A mi familia, por su incondicional apoyo y motivación. Ustedes hicieron que esto fuera posible.*

*A mis hermanos Ruth y Jorge, quienes siempre se preocuparon y velaron por mi bienestar, manteniendo siempre firme su confianza y credibilidad en que yo cumpliría este objetivo.*

*A Sebastián Garibello, quien con su cariño y total atención estuvo siempre al pendiente de mí durante el proceso de elaboración del presente trabajo.*

*A Javier, por su gran paciencia, dedicación y comprensión en todo momento, por el tiempo que dedicó para ayudarme a resolver las dudas y problemas que se presentaron por el camino.*

**Margarita**

*A Dios, por haberme permitido gozar de buena salud para poder conseguir este logro.*

*A mis padres, por los valores, el afecto y la dedicación que me otorgaron para llegar hasta este punto y hacer posible culminar este sueño.*

*A mi familia, por su apoyo incondicional quien me sirvió de compañía durante mi carrera profesional.*

*A María Fernanda, por su total interés y cariño en mí para culminar con éxito la elaboración de mi proyecto de grado.*

*A Camila, por su amistad, paciencia y dedicación en todo momento, por su ánimo de trabajar en equipo para resolver los problemas que se presentaron durante la presentación de este proyecto.*

**Javier**

## LISTA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>1. METODOLOGÍA.....</b>	<b>17</b>
1.1. CONTEXTUALIZACIÓN Y ALCANCE .....	17
1.2. FORMULACIÓN DEL MODELO .....	18
1.3. RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	19
1.3.1. Determinación de valores atípicos.....	20
1.4. AJUSTE DEL MODELO INICIAL.....	20
1.5. AJUSTE DEL MODELO MEJORADO .....	20
1.6. VALIDACION DEL MODELO ESTADÍSTICO.....	21
1.7. ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES SOBRE EN PORCENTAJE DE RECUPERACION Y CALIDAD DEL JET .....	21
<b>2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
2.1. RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	22
2.1.1. Datos de porcentaje de recuperacion de jet .....	22
2.1.2. Datos de punto de congelación del jet.....	24
2.2. AJUSTE DEL MODELO INICIAL.....	25
2.2.1. Modelo inicial de porcentaje de recuperación de jet .....	26
2.2.2. Modelo inicial punto de congelación del jet.....	27
2.3. AJUSTE DE MODELO MEJORADO .....	29
2.3.1. Modelo mejorado de porcentaje de recuperación de jet .....	29
2.3.2. Modelo mejorado de punto de congelación del jet.....	32
2.4. VALIDACION DEL MODELO ESTADÍSTICO.....	34
2.4.1. Modelo estadístico de porcentaje de recuperacion de jet .....	34
2.4.2. Modelo estadístico de punto de congelacion del jet.....	35

2.5.	ANALISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES SOBRE EL PORCENTAJE DE RECUPERACION Y CALIDAD DEL JET .....	36
2.5.1.	Variación de jet (carga) y respuesta de los modelos .....	36
2.5.2.	Variación de diésel (carga) y respuesta de los modelos .....	37
2.5.3.	Variación de temperatura de entrada (T-5702) y respuesta de los modelos.	38
2.5.4.	Variación de recicló (T-5702) y respuesta de los modelos.....	38
2.5.5.	Variación de temperatura de cima (T-5702) y respuesta de los modelos .....	39
2.5.6.	Variación de temperatura línea de jet y respuesta de los modelos .....	39
2.5.7.	Variación de temperatura de fondos (T-5702) y respuesta de los modelos ..	40
2.5.8.	Variación de presión de cima (T-5702) y respuesta de los modelos .....	40
2.5.9.	Variación de presión en línea de jet y respuesta de los modelos.....	41
2.5.10.	Variación de presión de fondos (T-5702) y respuesta de los modelos.....	41
2.5.11.	Tabla resumen de intervalos de operación sugeridos para las variables independientes de los modelos .....	42
<b>3.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>44</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>45</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>46</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>48</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Ejemplo datos de laboratorio de la curva de destilación (ASTM D86) de Diésel de carga <sup>[6]</sup> . .....	19
<b>Tabla 2.</b> Porcentajes de recuperación de Jet históricos calculados. ....	22
<b>Tabla 3.</b> Datos históricos del punto de congelación del Jet .....	24
<b>Tabla 4.</b> Parámetros estimados para el modelo inicial de porcentaje de recuperación de Jet.....	26
<b>Tabla 5.</b> Efectos significativos para el modelo inicial de porcentaje de recuperación de Jet.....	27
<b>Tabla 6.</b> Parámetros estimados para el modelo inicial de punto de congelación.....	28
<b>Tabla 7.</b> Efectos significativos para el modelo de punto de congelación del Jet.....	28
<b>Tabla 8.</b> Parámetros lineales y cuadráticos del modelo mejorado de recuperación de Jet.....	30
<b>Tabla 9.</b> Parámetros cruzados del modelo mejorado de recuperación de Jet (Continuación). .....	30
<b>Tabla 10.</b> Efectos significativos en el modelo mejorado .....	31
<b>Tabla 11.</b> Parámetros lineales del modelo mejorado de punto de congelación del Jet .....	33
<b>Tabla 12.</b> Parámetros cruzados del modelo mejorado de punto de congelación del Jet (Continuación). .....	33
<b>Tabla 13.</b> Efectos significativos en el modelo mejorado de punto de congelación del Jet.....	34
<b>Tabla 14.</b> Error estimado por cada caso para el porcentaje de recuperación de Jet .	35
<b>Tabla 15.</b> Error estimado por cada caso para el punto de congelación del Jet.....	35
<b>Tabla 16.</b> Valores promedio de las variables independientes .....	36
<b>Tabla 17.</b> Sugerencia de intervalos de variables independientes para modelo de porcentaje de recuperación de Jet.....	42
<b>Tabla 18.</b> Sugerencia de intervalos de variables independientes para modelo de punto de congelación del Jet .....	43

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Esquema de proceso de una planta de hidrotratamiento (HDT) de Diésel.	17
<b>Figura 2.</b> Diagrama de caja y bigotes de datos históricos de porcentaje de recuperación de Jet .....	22
<b>Figura 3.</b> Diagrama de caja y bigotes de datos históricos de porcentaje recuperación de Jet (Aumento de frecuencia de distribución 3% - 97%).....	23
<b>Figura 4.</b> Diagrama de caja y bigotes de datos históricos de punto de congelación .	25
<b>Figura 5.</b> Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Jet (Carga U-5700).....	36
<b>Figura 6.</b> Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Diésel (Carga U-5700)..	37
<b>Figura 7.</b> Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Temperatura de entrada	38
<b>Figura 8.</b> Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Reciclo.....	38
<b>Figura 9.</b> Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Temperatura de cima ...	39
<b>Figura 10.</b> Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Temperatura línea de Jet .....	39
<b>Figura 11.</b> Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Temperatura de fondos .....	40
<b>Figura 12.</b> Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Presión de cima.....	40
<b>Figura 13.</b> Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Presión en línea de Jet	41
<b>Figura 14.</b> Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Presión de fondos.....	41

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. Procedimiento en el software STATISTICA v7 (Free Trial) para el ajuste de parámetros de los modelos estadísticos (Inicial y Mejorado).....	48
ANEXO B. Procedimiento en el software STATISTICA v7 (Free Trial) para el análisis ANOVA mediante pruebas F parciales de los modelos estadístico (Inicial y Mejorado).....	51
ANEXO C. Tabulación de los datos históricos en el periodo de 2012 a 2014.....	54
ANEXO D. Tabulación de errores estimados de los modelos mejorados.....	63

**TITULO: PROPUESTA Y DESARROLLO DE UN MODELO ESTADÍSTICO PARA PREDECIR EL PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN Y CALIDAD DE JET OBTENIDO EN UNA UNIDAD DE HIDROTRATAMIENTO DE DIÉSEL \***

**AUTORES:** CAMILA MARGARITA RAMIREZ BELTRAN  
ALVARO JAVIER VESGA GAVANZO\*\*

**PALABRAS CLAVES:** MODELO ESTADÍSTICO, RECUPERACIÓN DE JET, PUNTO DE CONGELACIÓN DEL JET, UNIDAD DE HIDROTRATAMIENTO.

**RESUMEN:**

El objetivo principal de este trabajo es proponer y validar un modelo estadístico dirigido a la predicción del porcentaje de recuperación y el punto de congelación del Jet, el cual tiene un valor económico más alto que el Diésel. Este estudio se realiza a una unidad de hidrotreatmento de Diésel (U-5700), destacando la torre T-5702 la cual separa los compuestos Diésel y Jet ya hidrotreatados.

Este trabajo consistió en una recolección de datos históricos operacionales de la sección de carga y sección de separación de la unidad de hidrotreatmento de Diésel desde el año 2012 al 2014. Seguidamente, se desarrolló un análisis estadístico de diagrama de caja y bigotes con el fin de determinar si existen datos atípicos antes de continuar con un ajuste de parámetros y un análisis ANOVA parcial que permitió identificar las variables con mayor influencia sobre las variables dependientes (porcentaje de recuperación y calidad de Jet).

La tabulación y análisis de estos datos permitieron proponer y ajustar modelos estadísticos para predecir el porcentaje de recuperación y calidad de jet con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,87 y 0,7 respectivamente.

Finalmente, el análisis de las ecuaciones obtenidas permite sugerir intervalos de operación para la sección de carga y torre separadora pertenecientes a la unidad de hidrotreatmento de Diésel respecto a un análisis de sensibilidad de las variables involucradas y la influencia de éstas en la respuesta de dichos modelos.

---

\*Trabajo de grado

\*\*Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Ingeniería Química.

Director: Luis Javier López Giraldo.

Codirector: Julio Cesar Hurtado León.

**TITLE: PROPOSAL AND DEVELOPMENT OF A STATISTICAL MODEL TO PREDICT THE RECOVERY RATE AND QUALITY OF JET OBTAINED FROM A DIESEL HYDROTREATER \***

**AUTHORS:** CAMILA MARGARITA RAMIREZ BELTRAN  
ALVARO JAVIER VESGA GAVANZO \*\*

**KEYWORDS:** STATISTICAL MODEL, RECOVERY OF JET, JET FREEZING POINT, HYDROTREATING UNIT.

**SUMMARY:**

The main objective of this paper is to propose and validate a statistical model aimed at predicting recovery rates and the freezing point of Jet, which has a higher economic value than diesel. This study was performed at a diesel hydrotreating unit (U-5700), highlighting the T-5702 tower which separates the Diesel and Jet compounds and hydrotreated.

This work consisted of a collection of historical operational data from the load section and stripping section of the diesel hydrotreating unit from 2012 to 2014. Then, a statistical analysis of box and whisker diagram was developed in order to determine if there are outliers before continuing with a parameter setting and a partial ANOVA analysis identified the most influential variables on the dependent variables (percent recovery and quality of Jet).

Tabulation and analysis of these data allowed to propose and adjust statistical models to predict the recovery rate and quality of jet with a coefficient of determination ( $R^2$ ) of 0.87 and 0.7 respectively.

Finally, the analysis of the equations obtained to suggest intervals of operation for the loading and separating tower belonging to the diesel hydrotreating unit relative to a sensitivity analysis of the variables involved and their influence on the response of these models.

---

\*Thesis

\*\*Physicochemical Faculty of Engineering, Chemical Engineering.

Director: Luis Javier López Giraldo.

Co-Director: Julio Cesar Hurtado León.

## INTRODUCCIÓN

En una Refinería encargada de satisfacer la demanda de combustibles en el país se procesan diferentes tipos de crudo provenientes de los campos de producción que son operados tanto directa como indirectamente por la compañía.

Con el transcurso del tiempo en el proceso de refinación de crudos se han presentado retos para la industria como lo es tener que refinar crudos más pesados, lo que ha conducido en algunas circunstancias a producir derivados del mismo que no cumplen con las especificaciones de calidad requeridas para la demanda del mercado. Es así que en este trabajo de aplicación centrará su interés en el impacto de las variables operacionales de la unidad de hidrotratamiento de Diésel, principalmente en la torre T-5702, para favorecer la calidad y porcentaje de recuperación del Jet, utilizado en la industria de la aviación para el funcionamiento de los motores de combustión interna.

En el año 2010 entraron en servicio las unidades de hidrotratamiento de combustibles cuyo objetivo es reducir el contenido de azufre de Diésel y de Gasolina hasta el máximo permitido por la regulación ambiental que según la Ley 1205 de 2008 es de 50 ppm y la Resolución 1180 de 2006 es de 300 ppm, respectivamente.

La unidad de hidrotratamiento de Diésel, U-5700, se encarga de retirar gran parte del contenido de azufre de la corriente de diésel que se produce en las unidades de destilación atmosférica (UDA). Fue diseñada para una capacidad de 56.600 barriles por día (BPD) con un contenido de 5.500 partes por millón (ppm) de azufre para producir un diésel liviano con 5 ppm y un diésel pesado con 28 ppm de azufre. Adicionalmente es posible cargar a la unidad aceite liviano de ciclo (ALC) proveniente de las unidades de ruptura catalítica (URC) de manera que se incremente el valor de este componente llevándolo a condiciones de calidad del Diésel gracias al hidrotratamiento (HDT).

A pesar de que la unidad HDT no fue diseñada para tratar Jet, la refinería notó que podía emplearla para aumentar la conversión de Diésel a Jet y en consecuencia lograr un mayor beneficio económico, al tiempo que se satisface la creciente demanda a nivel nacional.

Por tales motivos se empezó a disponer de la planta hidrotratadora para la recuperación de Jet, aun cuando ésta no fue diseñada para tal fin, es por ello que éste trabajo se centra en proponer y validar un modelo estadístico dirigido a la predicción del porcentaje de recuperación y calidad del Jet, basado en las condiciones operacionales de la torre T-5702 y en la relación de carga que entra a la unidad de hidrotratamiento, con la finalidad de establecer recomendaciones netamente operacionales que garanticen una mayor eficiencia que la obtenida

actualmente en la refinería. El modelo de recuperación de Jet deberá servir para obtener recuperaciones cercanas al 90%. Lo anterior, manteniendo los estándares de calidad del Jet.

No se encontraron trabajos de desarrollo de modelos estadísticos dirigidos a la predicción del porcentaje de recuperación y calidad de Jet obtenido en plantas de hidrotreatmento de Diésel, pero si se encontraron estudios que planean el uso de modelos estadísticos que predican algunos comportamientos en la industria de la petroquímica como es el caso del trabajo Antonio Cordido; Adriana Guerra; Sergio Pérez ante la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, en el que proponen un modelaje de los principales equipos de la unidad de alquilación de la refinería el Palito basándose en modelos estadísticos, a partir de datos operacionales, que permitan predecir con una gran confiabilidad el comportamiento de los principales equipos de la Unidad de Alquilación <sup>[1]</sup>.

Además, el trabajo realizado por Rubisela Castillo ante la Universidad de Oriente titulado Desarrollo de modelos de regresión que representen el comportamiento del número de octano y rendimiento del reformado de la unidad de reformación catalítica de nafta (U-20) de la refinería Puerto la Cruz-PDVSA, en el cual se desarrollaron modelos de regresión para el número de octano (RONC) y rendimiento del reformado (REND) de la unidad de reformación catalítica de nafta, con el propósito de obtener una ecuación que describa satisfactoriamente el comportamiento de estos parámetros a través de la unidad ante variaciones tanto en la alimentación como en las variables de proceso <sup>[2]</sup>.

También el trabajo realizado Rosa Alcántar, Francisco Treviño y José Martínez, titulado Modelo estadístico que permite observar el impacto de los factores que inciden en el rendimiento de combustible realizado ante la Universidad De la Salle Bajío en México, que propone un modelo estadístico de regresión lineal múltiple para la toma de decisiones sobre el rendimiento del combustible aplicado a la industria del autotransporte <sup>[3]</sup>.

Se utilizará un modelo estadístico con interacciones cuadráticas, dado que este tipo de modelos son mejores para representar el comportamiento de este tipo de procesos.



últimas fueron determinantes en el análisis y proposición de expresiones que permitieron describir el comportamiento de la unidad.

Las válvulas FIC57001 y FIC57002 son las encargadas de la alimentación de Diésel y ALC. Es a partir de ellas junto con la caracterización de las curvas de destilación que se calcularon los flujos de Jet ( $x_1$ ) y Diésel ( $x_2$ ) que fueron considerados como variables independientes en el desarrollo del modelo.

En la Figura 1, también se identifica el sensor TI57074, que indica la temperatura de entrada ( $x_3$ ) a la torre T-5702 que hará parte del modelado como variable independiente. De igual manera la válvula FIC57028 que se encarga del reciclo ( $x_4$ ), los sensores de temperatura TI57075, TI57076, TI57077 que corresponden a la temperatura de cima ( $x_5$ ), temperatura de la línea de Jet ( $x_6$ ) y temperatura de fondos ( $x_7$ ) respectivamente, que fueron consideradas como variables independientes en el desarrollo del modelo. Además, los sensores de presión PI57096, PI57155, PI57081 que corresponden a la presión de cima ( $x_8$ ), presión en línea de Jet ( $x_9$ ) y presión de fondos ( $x_{10}$ ) respectivamente, las cuales también fueron variables independientes dentro del modelo.

La válvula FIC57031 controla el flujo volumétrico de Jet que sale de la torre separadora, es decir, el Jet (Producto). Esta variable fue empleada para calcular matemáticamente el porcentaje de recuperación de Jet obtenido históricamente en la planta de hidrotreamiento de Diésel en los años 2012 a 2014.

## 1.2. FORMULACIÓN DEL MODELO

El comportamiento de las unidades de hidrotreamiento puede ser descrito empleando relaciones matemáticas que siguen un modelo no lineal con interacciones cuadráticas [5].

$$y = C_0 + \sum_{i=1}^n C_i * x_i + \sum_{i=1}^n C_{ii} * x_i^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n C_{ij} * x_{ij} \quad Ec. 1$$

En la Ecuación 1,  $C_i$  representa los coeficientes para cada uno de los términos de la ecuación,  $x_i$  son las variables independientes del modelo y  $x_{ij}$  representa el producto entre las variables independientes  $x_i$  y  $x_j$ . Las variables dependientes serán el porcentaje de recuperación ( $y_1$ ) y el punto de congelación ( $y_2$ ). En las siguientes secciones se muestran los valores típicos de cada una de las variables independientes consideradas y el análisis estadístico empleado para determinar la influencia de estas últimas sobre las variables dependientes seleccionadas.

### 1.3. RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los datos de curvas de destilación que fueron empleados para calcular el porcentaje de recuperación; así como los datos de puntos de congelación, condiciones de operación de la torre y flujos de entrada y salida fueron suministrados por la empresa de hidrocarburos para el periodo comprendido entre 2012 – 2014 [6].

Inicialmente, se realizó un tamizaje de la información de manera que se pudiera tener tanto la analítica como las condiciones de proceso de la torre separadora de una unidad clásica de hidrotratamiento.

En la Tabla 1 se muestran los datos de laboratorio típicos para una curva de destilación del Diésel (Corriente que entra al D-5701 en la Figura 1). Empleando los valores de la Tabla 1 y siguiendo el procedimiento que se enuncia a continuación, se calcularon los porcentajes volumétricos de las corrientes de Jet y Diésel en la carga:

1. Fijar los límites de temperatura para *Diésel* ( $> 500^{\circ}F$ ) y *Jet* ( $\leq 500^{\circ}F$ ) [7].
2. Ajustar los valores de la curva de destilación (Véase Tabla 1) a una función del tipo lineal o cuadrática. Donde %Vol. Recobrado es la variable independiente y la temperatura es la variable dependiente.
3. Dar un valor de  $500^{\circ}F$  a la variable dependiente (Temperatura) y calcular el valor de la raíz, es decir, el %Vol. Recobrado que corresponde al porcentaje volumétrico de Jet. Para este cálculo se empleó el método de Newton.
4. Sustraer el 5% al porcentaje obtenido en el numeral anterior dado que este es el valor inicial en la curva de destilación.

**Tabla 1.** Ejemplo datos de laboratorio de la curva de destilación (ASTM D86) de Diésel de carga [6].

% Vol. Recobrado	Temperatura [ $^{\circ}F$ ]
5%	415,9
10%	449,2
50%	567,7
90%	679,5
95%	720,7

Una vez se calculó la volumétrica de Jet en la carga se halló el flujo volumétrico de Jet empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Flujo de Jet} = \text{Fracción volumétrica de Jet} * \text{Flujo total alimentado} \quad \text{Ec. 2}$$

Seguidamente se halló el porcentaje de recuperación en la unidad de hidrotratamiento haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Recuperacion de Jet} = \frac{\text{Jet producto}}{\text{Jet de carga}} * 100 \quad \text{Ec. 3}$$

### 1.3.1. DETERMINACIÓN DE VALORES ATÍPICOS

Con el fin de eliminar datos atípicos, se procedió a aplicar el procedimiento estadístico de caja y bigotes <sup>[8]</sup>.

Esta herramienta de análisis exploratorio de datos permite estudiar su simetría, detectar los valores atípicos y vislumbrar un ajuste de los datos a una distribución de frecuencia determinada. El diagrama de caja y bigotes divide los datos en cuatro áreas de igual frecuencia, una caja central dividida en dos áreas por una línea vertical y otras dos áreas representadas por dos segmentos horizontales (bigotes) que parten del centro de la caja. La caja central encierra el 50% de los datos. En el interior de la caja central se acostumbra representar la media con un signo más y se dibuja la mediana como una línea vertical en el interior de la caja <sup>[8]</sup>.

El manejo de los datos se realizó empleando el software STATISTICA v7 (Free Trial).

### 1.4. AJUSTE DEL MODELO INICIAL

Empleando el software STATISTICA Versión 7.0 (Free Trial), inicialmente se ajustaron los modelos con todos los posibles regresores, de acuerdo a los resultados de las pruebas de significancia se dejaron sólo los regresores que demostraron ser significativos, para así tener un nuevo modelo mejorado. El procedimiento realizado en el software estadístico para el ajuste del modelo inicial se encuentra descrito en los ANEXOS A y B.

### 1.5. AJUSTE DEL MODELO MEJORADO

Teniendo ya los regresores que tienen significancia sobre los modelos se realizó nuevamente el ajuste de los parámetros de la Ecuación 1, se utilizó el software STATISTICA v7 (Free Trial) en la opción de estimación no lineal por medio del método numérico QUASI-NEWTON y de igual manera se obtuvo los regresores significativos en el modelo mejorado. El procedimiento en el software estadístico se encuentra en los ANEXOS A y B.

## 1.6. VALIDACION DEL MODELO ESTADÍSTICO

La validación de los modelos estadísticos se basó en la comparación de respuesta del modelo estadístico con respecto al análisis experimental en cada caso. Se tiene un banco de 69 datos del análisis experimental perteneciente al segundo semestre del año 2014. El modelo fue alimentado con los valores de las variables independientes y se calcularon los porcentajes de recuperación y punto de congelamiento; finalmente se realizó un comparativo entre los valores calculados con el modelo versus los datos históricos. El error en la predicción del modelo se calculó empleando la siguiente ecuación:

$$\%Error = \left| \frac{Valor\ experimental - Valor\ teórico}{Valor\ experimental} \right| * 100 \quad Ec. 4$$

Donde el valor experimental es el valor predicho por el modelo y el valor teórico es el valor tomado de los datos históricos.

Una vez se calculó el error para cada uno de los datos analizados se procedió a calcular el error promedio de predicción, el cual facilita visualizar la desviación que presenta el modelo respecto a los datos históricos. Para esto se recurrió a utilizar la siguiente ecuación:

$$Error\ Promedio = \frac{\sum_{i=1}^n \%Error_i}{n} \quad Ec. 5$$

Donde n son los 69 datos o casos históricos utilizados para la validación del modelo.

## 1.7. ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES SOBRE EN PORCENTAJE DE RECUPERACION Y CALIDAD DEL JET

Para evaluar el efecto de cada variable independiente respecto al porcentaje de recuperación y el punto de congelación del Jet, se realizó un análisis gráfico. Básicamente, el análisis se desarrolló evaluando cada variable independiente por separado manteniendo en un valor promedio los valores de las demás variables independientes. Los valores promedio con los que se trabajó fueron calculados con base en los datos históricos del segundo semestre del 2014.

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.1. RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La tabulación y tamizado de datos históricos que se emplearon para desarrollar el ajuste de los modelos se muestra a continuación.

#### 2.1.1. DATOS DE PORCENTAJE DE RECUPERACION DE JET

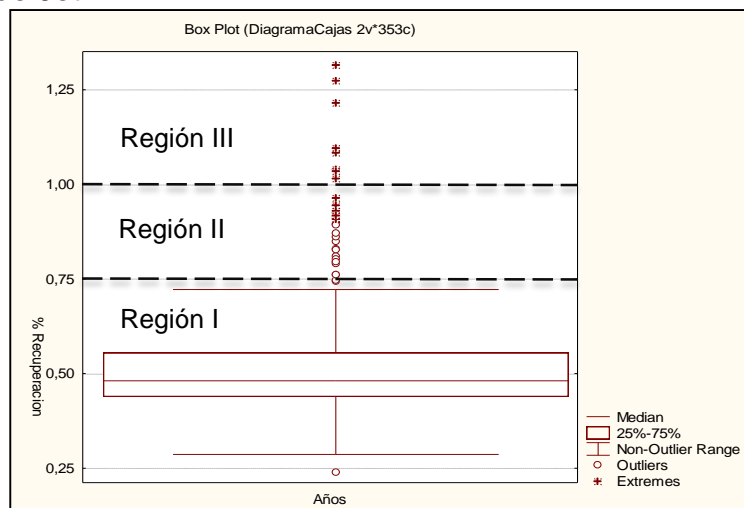
En la Tabla 2 se muestra el extracto de los valores de flujo volumétrico de Jet (Carga U-5700), porcentaje de recuperación de Jet y los datos de Jet (Producto), estos últimos ya se encontraban registrados dentro del banco de datos históricos de los años 2012 a 2014. La tabulación completa de los casos se encuentra en el ANEXO C.

**Tabla 2.** Porcentajes de recuperación de Jet históricos calculados.

Caso	Jet (Carga U-5700) [BPD]	Jet (Producto) [BPD]	% Recuperación Jet
1	14.480,84	5.900,43	41%
2	14.398,28	5.696,23	40%
3	13.511,42	5.196,67	38%
//	//	//	//
413	6.311,43	4.633,30	73%
Promedio			54%

Dado que se tenía una vasta sábana de datos históricos de la planta, se procedió a analizarlos de tal forma que se pudiesen descartar aquellos valores atípicos que afectan de modo negativo los modelos de predicción.

**Figura 2.** Diagrama de caja y bigotes de datos históricos de porcentaje de recuperación de Jet



En la Figura 2 se aprecia la distribución de los porcentajes de recuperación. La frecuencia de distribución de ésta caja está entre el 10% - 90% de los datos. En ella pueden distinguirse 3 regiones, que se describen a continuación:

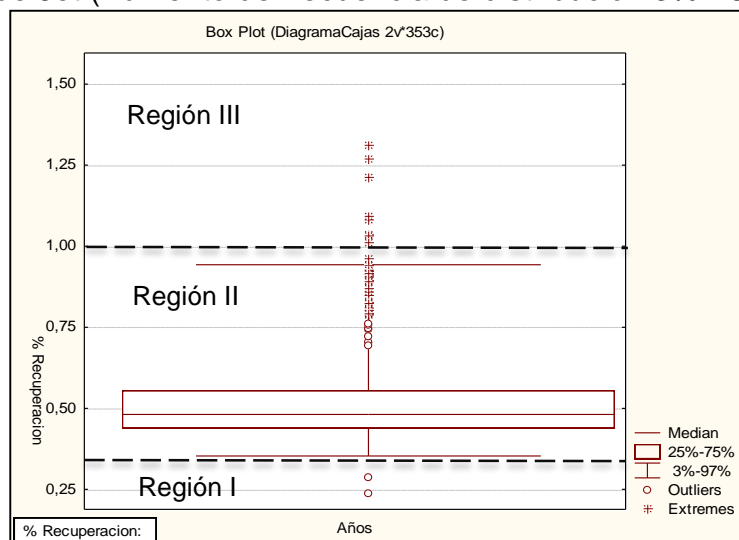
**Región I:** Es la distribución de datos obtenidos en la operación normal de la planta de HDT a lo largo del periodo de observación 2012 al 2014. En ella claramente se observa que el valor máximo y mínimo son respectivamente 73% y 25%. De acuerdo con los resultados se infiere que con el fin de obtener una función que describa porcentajes de recuperación cercanos al 90% se deberá aumentar la frecuencia de distribución de los datos. (Véase Figura 3).

**Región II:** En ésta se aprecian valores de porcentaje de recuperación que fluctúan entre el 75% y 100%. Esta región es importante porque en la operación de la planta de HDT se tiene un especial interés en alcanzar porcentajes de recuperación de Jet iguales o superiores al 90%.

**Región III:** En esta se observan porcentajes de recuperación que superan el 100%. Esto puede explicarse considerando que para el análisis y cálculo de los porcentajes de recuperación se empleó un valor de corte de la fracción de Jet de 500°F [7] y es probable que algo del Jet contenido en la corriente de alimentación no haya sido contemplado y en consecuencia sobrevalora las cantidades de Jet obtenidas en la T-5702

Dado que los datos de interés no son abarcados por el análisis de caja y bigotes con frecuencia de distribución entre el 10% - 90%, se repitió dicho análisis aumentando la frecuencia de distribución de los bigotes y entre 3% - 97% de los datos.

**Figura 3.** Diagrama de caja y bigotes de datos históricos de porcentaje recuperación de Jet (Aumento de frecuencia de distribución 3% - 97%)



En la Figura 3 se aprecia la distribución de los porcentajes de recuperación de Jet. En ella pueden distinguirse 3 regiones, que se describen a continuación:

Región I: Están los datos atípicos menores a 33% que fueron descartados para construir la ecuación que modele la recuperación de Jet en torre hidrotratadora, dado que estos porcentajes pueden afectar de manera negativa al modelo, debido a su bajo porcentaje de recuperación.

Región II: Aquí se encuentran los datos que fluctúan entre 33% y 98%, los cuales serán utilizados para el ajuste de la ecuación que modele la recuperación de Jet en la torre hidrotratadora.

Región III: Son los datos mayores a 100%, estos fueron descartados.

A partir de los resultados obtenidos de los diagramas de cajas y bigotes, se seleccionaron los datos que serán objeto de análisis (Véase Anexo C).

### 2.1.2. DATOS DE PUNTO DE CONGELACIÓN DEL JET

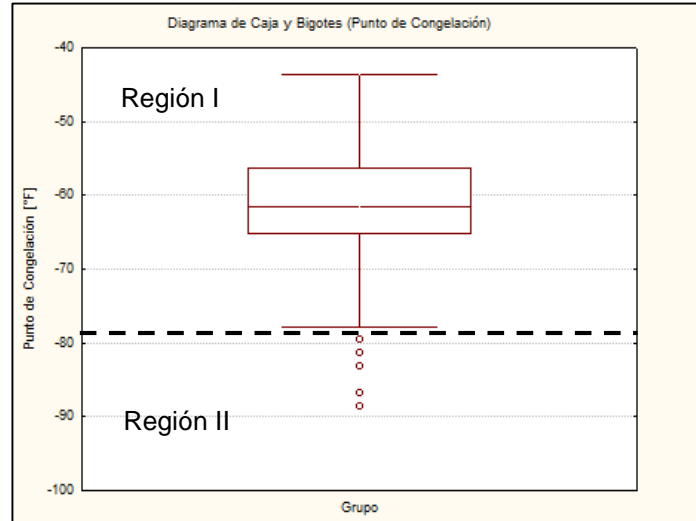
La Tabla 3 muestra la tabulación del punto de congelación del Jet entre los años 2012 a 2014. Estos resultados fueron suministrados directamente por la empresa de hidrocarburos y fueron calculados empleando el método ASTM D5972. La tabulación completa de los casos se encuentra en el ANEXO C.

**Tabla 3.** Datos históricos del punto de congelación del Jet

Caso	Punto de Congelación del Jet [°F]
1	-63
2	-65
3	-67
4	-65
5	-59
//	//
413	-54
Promedio	-61

Dado que se tenía una vasta sábana de datos históricos de la planta, se procedió a analizarlos de tal forma que se pudiese descartar aquellos valores atípicos, que afectan de modo negativo los modelos de predicción.

**Figura 4.** Diagrama de caja y bigotes de datos históricos de punto de congelación



En la Figura 4 se aprecia la distribución de punto de congelación. En ella pueden distinguirse 2 regiones, que se describen a continuación:

Región I: En esta región se encuentran presentes los datos de interés para el punto de congelación, el cual va de  $-53\text{ }^{\circ}\text{F}$  a  $-60\text{ }^{\circ}\text{F}$ .

Región II: Se presentan valores atípicos, los cuales se descartaron de los datos que se utilizaron para realizar el ajuste de predicción de punto de congelación, debido a que su presencia impedía la convergencia en el ajuste de los parámetros de esta ecuación.

En total se descartaron 17 datos atípicos que fueron los mismos para los dos modelos ya que los afectaban negativamente en la predicción de datos, quedando así un total de 413 datos que fueron posteriormente separados en dos grupos. El primero de ellos con 344 datos fue empleado para el análisis y ajuste de las relaciones matemáticas. Mientras que el segundo grupo de 69 datos se empleó para validar el modelo. De acuerdo con los datos históricos de la planta el porcentaje de recuperación y punto de congelación promedios fueron de 54% y  $-61\text{ }^{\circ}\text{F}$ , respectivamente [7].

## 2.2. AJUSTE DEL MODELO INICIAL

Se realizó un ajuste de parámetros de los modelos iniciales y un análisis ANOVA por medio de pruebas F parciales, que permitió obtener la significancia de los factores sobre los modelos. De modo tal que posteriormente se descartaran los factores que no tenían un efecto significativo sobre los modelos y así formular un nuevo modelo mejorado.

### 2.2.1. MODELO INICIAL DE PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE JET

Se realizó el ajuste de parámetros para todos los regresores del modelo inicial de porcentaje de recuperación de Jet, obteniéndose un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,88 para dicho modelo. Estos parámetros ajustados se muestran en la Tabla 4.

$$y = C_0 + \sum_{i=1}^n C_i * x_i + \sum_{i=1}^n C_{ii} * x_i^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n C_{ij} * x_{ij} \quad Ec. 1$$

**Tabla 4.** Parámetros estimados para el modelo inicial de porcentaje de recuperación de Jet

$x_1$ Jet (Carga Unidad HDT)	$x_2$ Diésel (Carga Unidad HDT)	$x_3$ Temperatura de Entrada	$x_4$ Reciclo	$x_5$ Temperatura de Cima	$x_6$ Temperatura Línea de Jet	$x_7$ Temperatura de Fondos	$x_8$ Presión de Cima	$x_9$ Presión Línea de Jet	$x_{10}$ Presión de Fondos
$C_0$	-1,421E+02								
$C_1$	8,575E-04								
$C_2$	1,464E-04								
$C_3$	-2,809E-01								
$C_4$	1,254E-03								
$C_5$	1,116E-01								
$C_6$	1,908E-01								
$C_7$	4,088E-01								
$C_8$	9,863E+00								
$C_9$	-2,589E+00								
$C_{10}$	5,583E+00								
$C_{1,1}$	3,287E-09								
$C_{2,2}$	1,440E-10								
$C_{3,3}$	9,723E-04								
$C_{4,4}$	2,179E-09								
$C_{5,5}$	-3,461E-05								
$C_{6,6}$	-2,388E-04								
$C_{7,7}$	-8,115E-04								
$C_{8,8}$	-2,923E-01								
$C_{9,9}$	1,300E-02								
$C_{10,10}$	-1,264E-01								
$C_{1,2}$	-1,290E-09								
$C_{1,3}$	2,712E-06								
$C_{2,3}$	-1,264E-06								
$C_{1,4}$	-4,199E-09								
$C_{2,4}$	-2,329E-09								
$C_{3,4}$	3,207E-06								
$C_{1,5}$	2,298E-07								
$C_{2,5}$	6,066E-08								
$C_{3,5}$	-3,853E-04								
$C_{4,5}$	-1,707E-06								
$C_{1,6}$	8,073E-07								
$C_{2,6}$	4,887E-07								
$C_{3,6}$	-1,135E-03								
$C_{4,6}$	-1,107E-06								
$C_{5,6}$	3,669E-04								
$C_{1,7}$	-3,122E-06								
$C_{2,7}$	3,683E-07								
$C_{3,7}$	0,000E+00								
$C_{4,7}$	-2,818E-06								
$C_{5,7}$	1,586E-04								
$C_{6,7}$	8,892E-04								
$C_{1,8}$	-3,295E-05								
$C_{2,8}$	-3,120E-05								
$C_{3,8}$	-7,120E-03								
$C_{4,8}$	-2,719E-06								
$C_{5,8}$	-3,200E-03								
$C_{6,8}$	-2,125E-03								
$C_{7,8}$	2,895E-03								
$C_{1,9}$	-2,314E-05								
$C_{2,9}$	6,203E-06								
$C_{3,9}$	1,159E-03								
$C_{4,9}$	-2,704E-08								
$C_{5,9}$	-3,990E-03								
$C_{6,9}$	4,438E-03								
$C_{7,9}$	0,000E+00								
$C_{8,9}$	-1,134E-02								
$C_{1,10}$	1,492E-05								
$C_{2,10}$	1,898E-05								
$C_{3,10}$	-2,081E-02								
$C_{4,10}$	-3,000E-05								
$C_{5,10}$	4,602E-03								
$C_{6,10}$	-1,150E-02								
$C_{7,10}$	1,556E-02								
$C_{8,10}$	1,239E-01								
$C_{9,10}$	4,009E-02								

La Tabla 5 se muestra los  $p - value$  obtenidos de los análisis de varianza ANOVA por medio de pruebas F parciales para cada una de las posibles combinaciones planteadas en la Ecuación 1. Es claro que de 65 posibles combinaciones, sólo 18 tienen influencia significativa con un intervalo de confianza de 95%.

**Tabla 5.** Efectos significativos para el modelo inicial de porcentaje de recuperación de Jet

Efecto	<i>p</i> – value				
$x_1$	0,123587	$x_1 * x_3$	0,162477	$x_3 * x_8$	0,809418
$x_2$	0,538593	$x_2 * x_3$	0,013020	$x_4 * x_8$	0,943357
$x_3$	0,388743	$x_1 * x_4$	0,173451	$x_5 * x_8$	0,610833
$x_4$	0,021416	$x_2 * x_4$	0,008653	$x_6 * x_8$	0,810170
$x_5$	0,189276	$x_3 * x_4$	0,117925	$x_7 * x_8$	0,908400
$x_6$	0,149769	$x_1 * x_5$	0,587197	$x_1 * x_9$	0,131373
$x_7$	0,321458	$x_2 * x_5$	0,656686	$x_2 * x_9$	0,427740
$x_8$	0,115196	$x_3 * x_5$	0,216852	$x_3 * x_9$	-
$x_9$	0,032216	$x_4 * x_5$	0,002284	$x_4 * x_9$	1,000000
$x_{10}$	0,280211	$x_1 * x_6$	0,185755	$x_5 * x_9$	0,030558
$x_1 * x_1$	0,001221	$x_2 * x_6$	0,008026	$x_6 * x_9$	0,224729
$x_2 * x_2$	0,449469	$x_3 * x_6$	0,006428	$x_7 * x_9$	-
$x_3 * x_3$	0,027910	$x_4 * x_6$	0,126617	$x_8 * x_9$	0,953534
$x_4 * x_4$	0,436511	$x_5 * x_6$	0,000346	$x_1 * x_{10}$	0,390901
$x_5 * x_5$	0,019806	$x_1 * x_7$	0,077128	$x_2 * x_{10}$	0,009329
$x_6 * x_6$	0,023651	$x_2 * x_7$	0,340272	$x_3 * x_{10}$	0,188623
$x_7 * x_7$	1,000000	$x_3 * x_7$	-	$x_4 * x_{10}$	0,308627
$x_8 * x_8$	0,294386	$x_4 * x_7$	0,146472	$x_5 * x_{10}$	0,237701
$x_9 * x_9$	0,005419	$x_5 * x_7$	0,588456	$x_6 * x_{10}$	0,045673
$x_{10} * x_{10}$	0,308576	$x_6 * x_7$	0,032020	$x_7 * x_{10}$	0,286503
$x_1 * x_2$	0,059370	$x_1 * x_8$	0,180583	$x_8 * x_{10}$	0,699291
		$x_2 * x_8$	0,011407	$x_9 * x_{10}$	0,826110

De los resultados mostrados en la tabla 5 se infiere que la ecuación que se empleará para el modelo mejorado del porcentaje de recuperación solo considerará las variables y combinación de éstas con *p* – value < 0,05 (marcados en rojo).

Para los efectos que no registran un *p* – value ocurre que para el análisis por pruebas F parciales los grados de libertad son cero.

### 2.2.2. MODELO INICIAL PUNTO DE CONGELACIÓN DEL JET

Inicialmente se utilizó un *p* – value < 0,05 para el análisis ANOVA por medio de pruebas F parciales para cada una de las posibles combinaciones planteadas del modelo inicial. Con lo que se obtuvo un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) muy bajo en el ajuste de parámetros del modelo mejorado a partir de los regresores significativos que abarcaba este criterio, por lo cual se aumentó el valor de criterio a *p* – value < 0,1 para abarcar más términos significativos y así obtener un mejor ajuste en el modelo mejorado.

En la Tabla 6 se muestran todos los parámetros ajustados del modelo inicial de punto de congelación con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,53.

**Tabla 6.** Parámetros estimados para el modelo inicial de punto de congelación

$C_0$	2,561E+04
$C_1$	-1,310E-01
$C_2$	3,827E-02
$C_3$	-9,224E+01
$C_4$	-2,137E-02
$C_5$	-7,654E+00
$C_6$	-2,448E+01
$C_7$	3,583E+01
$C_8$	-1,373E+03
$C_9$	-1,652E+02
$C_{10}$	6,721E+02
$C_{1,1}$	-6,305E-08
$C_{2,2}$	4,055E-08
$C_{3,3}$	1,067E-01
$C_{4,4}$	5,550E-07
$C_{5,5}$	1,374E-03
$C_{6,6}$	-5,792E-03
$C_{7,7}$	-6,834E-02
$C_{8,8}$	-5,748E+01
$C_{9,9}$	1,029E-01
$C_{10,10}$	8,452E+00
$C_{1,2}$	-3,693E-08
$C_{1,3}$	5,132E-04
$C_{2,3}$	-1,559E-04
$C_{1,4}$	1,179E-07
$C_{2,4}$	-1,786E-07
$C_{3,4}$	2,546E-04
$C_{1,5}$	2,051E-05
$C_{2,5}$	-8,570E-06
$C_{3,5}$	1,410E-02
$C_{4,5}$	6,091E-05
$C_{1,6}$	1,561E-04
$C_{2,6}$	2,386E-05
$C_{3,6}$	-7,209E-02
$C_{4,6}$	-1,509E-04
$C_{5,6}$	5,321E-03
$C_{1,7}$	-4,413E-04
$C_{2,7}$	1,114E-04
$C_{3,7}$	0,000E+00
$C_{4,7}$	-2,381E-04
$C_{5,7}$	-1,255E-02
$C_{6,7}$	1,032E-01
$C_{1,8}$	-3,466E-03
$C_{2,8}$	2,269E-03
$C_{3,8}$	6,528E-01
$C_{4,8}$	3,144E-03
$C_{5,8}$	2,432E+00
$C_{6,8}$	1,315E+00
$C_{7,8}$	-2,384E+00
$C_{1,9}$	1,152E-03
$C_{2,9}$	-1,159E-03
$C_{3,9}$	2,796E-01
$C_{4,9}$	3,208E-03
$C_{5,9}$	-1,237E-01
$C_{6,9}$	2,793E-02
$C_{7,9}$	0,000E+00
$C_{8,9}$	5,376E+01
$C_{1,10}$	2,868E-03
$C_{2,10}$	-5,782E-04
$C_{3,10}$	-1,458E+00
$C_{4,10}$	-6,654E-03
$C_{5,10}$	-1,198E+00
$C_{6,10}$	-5,595E-01
$C_{7,10}$	2,583E+00
$C_{8,10}$	3,330E+01
$C_{9,10}$	-3,825E+01

**Tabla 7.** Efectos significativos para el modelo de punto de congelación del Jet

<b>Efecto</b>	<b><i>p</i> – <i>value</i></b>	$x_1 * x_3$	0,049796	$x_3 * x_8$	0,869422
$x_1$	0,080425	$x_2 * x_3$	0,022703	$x_4 * x_8$	0,541494
$x_2$	0,232415	$x_1 * x_4$	0,776030	$x_5 * x_8$	0,004301
$x_3$	0,035995	$x_2 * x_4$	0,132843	$x_6 * x_8$	0,269528
$x_4$	0,769686	$x_3 * x_4$	0,355407	$x_7 * x_8$	0,481341
$x_5$	0,502705	$x_1 * x_5$	0,718657	$x_1 * x_9$	0,576032
$x_6$	0,169426	$x_2 * x_5$	0,640588	$x_2 * x_9$	0,718262
$x_7$	1,000000	$x_3 * x_5$	0,736602	$x_3 * x_9$	-
$x_8$	0,103026	$x_4 * x_5$	0,414883	$x_4 * x_9$	0,267784
$x_9$	0,307986	$x_1 * x_6$	0,057525	$x_5 * x_9$	0,616648
$x_{10}$	0,333785	$x_2 * x_6$	0,333336	$x_6 * x_9$	0,954645
$x_1 * x_1$	0,641630	$x_3 * x_6$	0,195767	$x_7 * x_9$	-
$x_2 * x_2$	0,113957	$x_4 * x_6$	0,121869	$x_8 * x_9$	0,040817
$x_3 * x_3$	1,000000	$x_5 * x_6$	0,696404	$x_1 * x_{10}$	0,220332
$x_4 * x_4$	0,141308	$x_1 * x_7$	0,063343	$x_2 * x_{10}$	0,553749
$x_5 * x_5$	0,489944	$x_2 * x_7$	0,032599	$x_3 * x_{10}$	0,492896
$x_6 * x_6$	0,681900	$x_3 * x_7$	-	$x_4 * x_{10}$	0,093788
$x_7 * x_7$	0,157230	$x_4 * x_7$	0,361122	$x_5 * x_{10}$	0,022820
$x_8 * x_8$	0,125731	$x_5 * x_7$	0,750098	$x_6 * x_{10}$	0,468471
$x_9 * x_9$	0,869174	$x_6 * x_7$	0,063911	$x_7 * x_{10}$	0,188494
$x_{10} * x_{10}$	0,612409	$x_1 * x_8$	0,294817	$x_8 * x_{10}$	0,440601
$x_1 * x_2$	0,687225	$x_2 * x_8$	0,169564	$x_9 * x_{10}$	0,119928

De la Tabla 7 para el ajuste del modelo mejorado de punto de congelación solo se considerará las variables y combinación de éstas, para  $p - value < 0,1$  (marcados en rojo). Es importante mencionar que de 65 posibles combinaciones, sólo 12 tienen influencia significativa con un 90% de intervalo de confianza.

Para los efectos que no registran un  $p - value$  ocurre que para el análisis por pruebas F parciales los grados de libertad son cero.

### **2.3. AJUSTE DE MODELO MEJORADO**

Se pretendió mejorar los modelos al retirar los términos que no representaban significancia sobre los mismos. La herramienta que sirvió para realizar el ajuste de parámetros se basó en el uso de mínimos cuadrados.

#### **2.3.1. *MODELO MEJORADO DE PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE JET***

Utilizando el programa STATISTICA v7 (Free Trial) en la opción de estimación no lineal se ajustaron los parámetros de las variables que tienen significancia y que conforman el modelo estadístico tabulados en las Tablas 8 y 9. Con el software estadístico se obtuvieron los parámetros a partir del método numérico QUASI-NEWTON con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,87.

**Tabla 8.** Parámetros lineales y cuadráticos del modelo mejorado de recuperación de Jet.

		Términos Lineales		Términos Cuadrados				
Variable Independiente	-	Reciclo	Presión Línea Jet	Flujo Jet (Carga U-5700)	Temperatura Entrada	Temperatura Cima	Temperatura Línea Jet	Presión Línea Jet
Unidad	-	[BPD]	[psi-g]	[BPD]	[°F]*[°F]	[°F]*[°F]	[°F]*[°F]	[psi-g]*[psi-g]
Nomenclatura	-	$x_4$	$x_9$	$x_{1,1}$	$x_{3,3}$	$x_{5,5}$	$x_{6,6}$	$x_{9,9}$
Parámetro Ajustado	$C_0$	$C_4$	$C_9$	$C_{1,1}$	$C_{3,3}$	$C_{5,5}$	$C_{6,6}$	$C_{9,9}$
	-4,31	2,27E-04	1,07E-01	-1,07E-09	8,94E-05	-2,44E-05	1,42E-04	8,93E-04

**Tabla 9.** Parámetros cruzados del modelo mejorado de recuperación de Jet (Continuación).

Términos Cruzados										
Flujo Diésel (Carga U-5700)	Flujo Diésel (Carga U-5700)	Reciclo	Flujo Diésel (Carga U-5700)	Temperatura Entrada	Temperatura Cima	Temperatura Línea Jet	Flujo Diésel (Carga U-5700)	Temperatura Cima	Flujo Diésel (Carga U-5700)	Temperatura Línea Jet
Temperatura Entrada	Reciclo	Temperatura Cima	Temperatura Línea Jet HDT	Temperatura Línea Jet	Temperatura Línea Jet	Temperatura Fondos	Presión Cima	Presión Línea Jet	Presión Fondos	Presión Fondos
[BPD]*[psi-g]	[BPD]*[BPD]	[BPD]*[°F]	[BPD]*[°F]	[°F]*[°F]	[°F]*[°F]	[°F]*[°F]	[BPD]*[psi-g]	[°F]*[psi-g]	[BPD]*[psi-g]	[°F]*[psi-g]
$x_{2,3}$	$x_{2,4}$	$x_{4,5}$	$x_{2,6}$	$x_{3,6}$	$x_{5,6}$	$x_{6,7}$	$x_{2,8}$	$x_{5,9}$	$x_{2,10}$	$x_{6,10}$
$C_{2,3}$	$C_{2,4}$	$C_{4,5}$	$C_{2,6}$	$C_{3,6}$	$C_{5,6}$	$C_{6,7}$	$C_{2,8}$	$C_{5,9}$	$C_{2,10}$	$C_{6,10}$
6,63E-08	9,38E-11	-8,67E-07	-3,96E-08	-2,99E-04	9,97E-05	4,79E-05	1,09E-06	-5,94E-04	-2,03E-06	2,43E-04

Al realizar un análisis de signos de algunos de los parámetros ajustados se encuentra lo siguiente:

- En el caso de  $C_4$  (Parámetro de Reciclo), el signo positivo implica que a mayores valores de reciclo se obtiene un mayor porcentaje de recuperación de Jet. Esta constatación está en concordancia con el hecho de que el Jet que se obtiene es aproximadamente el 70% del reciclo de la torre <sup>[9]</sup>.
- Para  $C_{1,1}$  (Parámetro asociado con el término cuadrático de alimentación de Jet) tiene un valor negativo. Esto implica que altos valores de Jet en la alimentación disminuirá el porcentaje de recuperación. Este comportamiento puede explicarse si se considera que el cálculo del porcentaje de recuperación es el cociente de la cantidad recuperada de Jet sobre la cantidad de Jet alimentada; así las cosas, un incremento en la cantidad de alimentación hará que el cociente disminuya.
- En lo que respecta a  $C_{3,3}$  (Parámetro cuadrático asociado con el término de la temperatura de entrada) tiene signo positivo, es decir, que a medida que la temperatura de entrada aumenta el porcentaje de recuperación también lo hará. Para cargas con alta presencia de Jet los valores de temperatura no deben ser tan grandes en la entrada de la torre, mientras que para cargas con mayor presencia de Diésel que Jet, resulta necesario que la temperatura de entrada sea superior para que se favorezca la transferencia de masa y por tanto, una mejor recuperación de Jet.

**Tabla 10.** Efectos significativos en el modelo mejorado

Efecto	<i>p – value</i>
$x_4$	0,007906
$x_9$	0,544437
$x_{1,1}$	0,000000
$x_{3,3}$	0,000257
$x_{5,5}$	0,006693
$x_{6,6}$	0,008988
$x_{9,9}$	0,089288
$x_{2,3}$	0,466706
$x_{2,4}$	0,863599
$x_{4,5}$	0,003606
$x_{2,6}$	0,759514
$x_{3,6}$	0,000029
$x_{5,6}$	0,078923
$x_{6,7}$	0,000000
$x_{2,8}$	0,248683
$x_{5,9}$	0,330666
$x_{2,10}$	0,184792
$x_{6,10}$	0,109218

En la Tabla 10 se muestran los efectos significativos de los regresores pertenecientes al modelo mejorado de Porcentaje de recuperación de Jet. Los cuales en su totalidad harán parte del modelo, que posteriormente será validado.

### *2.3.2. MODELO MEJORADO DE PUNTO DE CONGELACIÓN DEL JET*

Utilizando el programa STATISTICA v7 (Free Trial) en la opción de estimación no lineal se obtuvieron los parámetros que conforman el modelo estadístico tabulados en las Tablas 11 y 12.

Con el software estadístico se obtuvieron los parámetros a partir del método numérico QUASI-NEWTON con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,7

**Tabla 11.** Parámetros lineales del modelo mejorado de punto de congelación del Jet

		Términos Lineales	
Variables Independientes	-	Flujo Jet (Carga U-5700)	Temperatura Entrada
Unidad	-	[BPD]	[°F]
Nomenclatura	-	$x_1$	$x_3$
Parámetro Ajustado	$C_0$	$C_1$	$C_3$
	<b>82,5</b>	<b>-1,21E-02</b>	<b>-2,08E-01</b>

**Tabla 12.** Parámetros cruzados del modelo mejorado de punto de congelación del Jet (Continuación).

Términos Cruzados									
Flujo Jet (Carga U-5700)	Flujo Diésel (Carga U-5700)	Flujo Jet (Carga U-5700)	Flujo Jet (Carga U-5700)	Flujo Diésel (Carga U-5700)	Temperatura Línea Jet HDT	Temperatura Cima	Presión Cima	Reciclo	Temperatura Cima
Temperatura Entrada	Temperatura Entrada	Temperatura Línea Jet HDT	Temperatura Fondos	Temperatura Fondos	Temperatura Fondos	Presión Cima	Presión Línea Jet HDT	Presión Fondos	Presión Fondos
[BPD]*[°F]	[BPD]*[°F]	[BPD]*[°F]	[BPD]*[°F]	[BPD]*[°F]	[°F]*[°F]	[°F]*[psi-g]	[psi-g]*[psi-g]	[BPD]*[psi-g]	[°F]*[psi-g]
$x_{1,3}$	$x_{2,3}$	$x_{1,6}$	$x_{1,7}$	$x_{2,7}$	$x_{6,7}$	$x_{5,8}$	$x_{8,9}$	$x_{4,10}$	$x_{5,10}$
$C_{1,3}$	$C_{2,3}$	$C_{1,6}$	$C_{1,7}$	$C_{2,7}$	$C_{6,7}$	$C_{5,8}$	$C_{8,9}$	$C_{4,10}$	$C_{5,10}$
<b>2,07E-04</b>	<b>-5,26E-05</b>	<b>5,01E-05</b>	<b>-2,09E-04</b>	<b>4,98E-05</b>	<b>-6,70E-05</b>	<b>-1,08E-02</b>	<b>1,52E-02</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Al realizar un análisis de signos de algunos de los parámetros ajustados se encuentra lo siguiente:

- Para  $C_1$  (Parámetro asociado con el término lineal de alimentación de Jet) tiene un valor negativo. Esto implica que altos valores de Jet en la carga disminuirá el punto de congelación, es decir, el producto destilado será de mejor calidad.
- En lo que respecta a  $C_3$  (Parámetro lineal asociado con el término de la temperatura de entrada) tiene signo negativo, es decir, que a medida que la temperatura de entrada aumenta el punto de congelación disminuirá. Es decir, que para cargas con temperaturas de entrada mayores al punto de ebullición del jet facilitará que el Jet de la carga siga la trayectoria al destilado a medida que asciende en la torre y este sea de mejor calidad.

**Tabla 13.** Efectos significativos en el modelo mejorado de punto de congelación del Jet

Efecto	<i>p – value</i>
$x_1$	0,971327
$x_3$	0,886623
$x_{1,3}$	0,008081
$x_{2,3}$	0,004157
$x_{1,6}$	0,084126
$x_{1,7}$	0,000403
$x_{2,7}$	0,003753
$x_{6,7}$	0,870344
$x_{5,8}$	0,002390
$x_{8,9}$	0,423727
$x_{4,10}$	0,447689
$x_{5,10}$	0,000056

En la Tabla 13 se muestran los efectos significativos de los regresores pertenecientes al modelo mejorado de Punto de congelación de Jet. Los cuales en su totalidad harán parte del modelo, que posteriormente será validado.

## 2.4. VALIDACION DEL MODELO ESTADÍSTICO

### 2.4.1. MODELO ESTADÍSTICO DE PORCENTAJE DE RECUPERACION DE JET

El modelo estadístico predice de manera cercana el porcentaje de recuperación de Jet en la planta de hidrotreatment. En la Tabla 14 se muestra el error promedio de 12% surgido de la comparación de la respuesta del modelo con los 69 datos o casos de validación históricos.

**Tabla 14.** Error estimado por cada caso para el porcentaje de recuperación de Jet

Caso	Porcentaje de Recuperación de Jet		ERROR
	Experimental (Estimado Históricos)	Teórico (Estimado Modelo)	
1	72%	79%	8%
2	74%	81%	9%
3	71%	80%	11%
4	69%	80%	14%
5	68%	80%	15%
6	79%	73%	8%
7	89%	79%	13%
8	70%	75%	7%
9	78%	77%	1%
//	//	//	//
69	73%	81%	9%
<b>ERROR PROMEDIO</b>			<b>12%</b>

Donde el valor teórico es el valor predicho por el modelo y el valor experimental es el valor tomado de la los datos históricos. La tabulación completa se encuentra en el ANEXO D.

#### 2.4.2. MODELO ESTADÍSTICO DE PUNTO DE CONGELACION DEL JET

Para el modelo estadístico de punto de congelación del Jet se obtuvo un error promedio de 8%. En la Tabla 15 se tabula la distribución del porcentaje de error surgido de la comparación de los datos.

**Tabla 15.** Error estimado por cada caso para el punto de congelación del Jet

Caso	Punto de Congelación [°F]		ERROR
	Experimental (Estimado Históricos)	Teórico (Estimado Modelo)	
1	-56,2	-58,3	4%
2	-56,2	-57,4	2%
3	-58,0	-57,5	1%
4	-61,6	-59,4	4%
5	-59,8	-60,8	2%
6	-58,0	-59,8	3%
7	-54,4	-57,5	5%
8	-58,0	-58,8	1%
9	-61,6	-57,8	7%
//	//	//	//
69	-54,4	-56,3	3%
<b>ERROR PROMEDIO</b>			<b>8%</b>

Donde el valor teórico es el valor predicho por el modelo y el valor experimental es el valor tomado de la los datos históricos. La tabulación completa se encuentra en el ANEXO D.

## 2.5. ANALISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES SOBRE EL PORCENTAJE DE RECUPERACION Y CALIDAD DEL JET

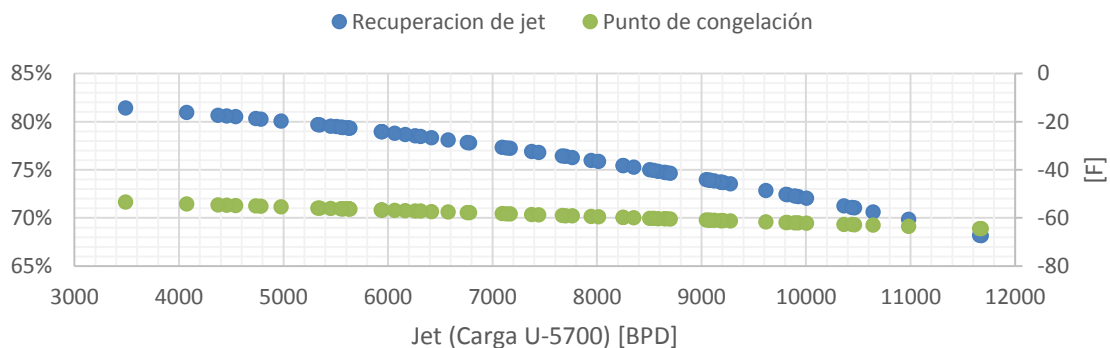
**Tabla 16.** Valores promedio de las variables independientes

Variable Independiente	Unidad	Valor Promedio
Jet (Carga U-5700)	BPD	7.536,86
Diésel (Carga U-5700)	BPD	40.492,33
Temperatura Entrada	°F	558,71
Reciclo	BPD	10.762,50
Temperatura de Cima	°F	252,55
Temperatura Línea de Jet	°F	408,38
Temperatura de Fondos	°F	600,12
Presión de Cima	psi-g	9,26
Presión Línea de Jet	psi-g	34,45
Presión de Fondos	psi-g	11,70

La Tabla 16 muestra los valores promedios de las variables independientes que se utilizaran para trazar gráficamente el comportamiento de los modelos estadísticos con respecto a la variación de una de ellas. Este promedio se calculó del banco de 69 datos históricos para la validación de los modelos (Véase ANEXO D).

### 2.5.1. VARIACIÓN DE JET (CARGA) Y RESPUESTA DE LOS MODELOS

**Figura 5.** Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Jet (Carga U-5700)



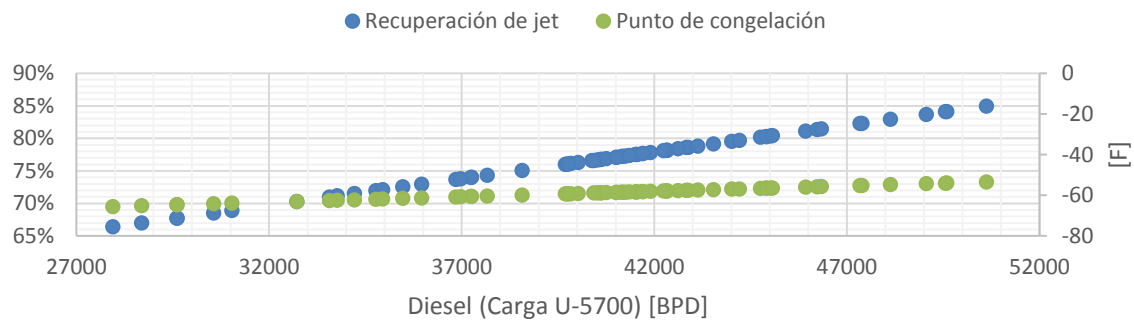
En la Figura 5 se observa el comportamiento del porcentaje de recuperación y punto de congelación conforme cambia la carga de Jet en la alimentación. A partir de la cual se puede inferir que cargas bajas en contenido de Jet favorecen el porcentaje de recuperación del mismo, mientras que cargas con alto contenido de este no implican mayores recuperaciones.

En la refinería se evidenció este comportamiento ya que al intentar alimentar cargas con mayores contenidos de Jet no notaron que se recuperara mayor contenido de éste como producto destilado. Una posible explicación para este comportamiento es que las fracciones más livianas del Diésel alimentado a la unidad de hidrotreatmento, son recuperadas como Jet en la torre T-5702.

La gráfica muestra que el punto de congelación se hace menor para cargas con alto contenido de Jet.

### 2.5.2. VARIACIÓN DE DIÉSEL (CARGA) Y RESPUESTA DE LOS MODELOS

**Figura 6.** Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Diésel (Carga U-5700)

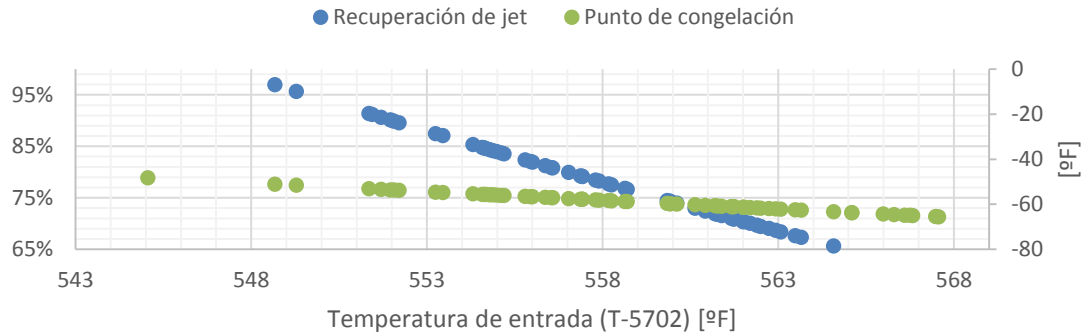


La recuperación de Jet es mayor para cargas con alto porcentaje de Diésel, teniéndose porcentajes de recuperación superiores al 85% para cargas con valores superiores a los 50.000 BPD de Diésel.

En términos de calidad del Jet la presencia de bajo contenido de Diésel en la carga hace que el punto de congelación del Jet destilado sea menor, que es lo que se desea obtener, por tanto, se podría recomendar que los valores de Diésel en la carga estén alrededor de los 50.000 BPD, los cuales según los históricos de la planta, con este valor de carga registra calidades de Diésel aceptables.

### 2.5.3. VARIACIÓN DE TEMPERATURA DE ENTRADA (T-5702) Y RESPUESTA DE LOS MODELOS

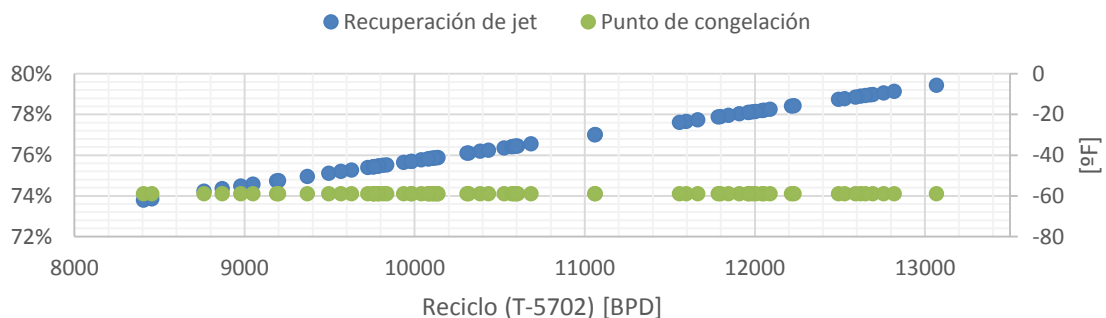
**Figura 7.** Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Temperatura de entrada



En la Figura 7 se observa el comportamiento del porcentaje de recuperación y el punto de congelamiento conforme la temperatura de entrada a la torre T-5702 cambia. En esta figura se aprecia claramente que los valores de temperatura de entrada en la torre se deben mantenerse en el intervalo 550 a 560 °F para favorecer el porcentaje de recuperación, ya que a medida que se da la transferencia a lo largo de la torre esta se va enfriando, de modo que se debe garantizar que haya una elevada temperatura en la entrada y así en el plato donde se retira el Jet, la torre alcance una temperatura que sea cercana al intervalo de punto de ebullición del Jet. Además por encima de 560 °F se aprecia que la temperatura del punto de congelamiento cumple con el parámetro de calidad, es decir, está alrededor de -60°F<sup>[10]</sup>.

### 2.5.4. VARIACIÓN DE RECICLO (T-5702) Y RESPUESTA DE LOS MODELOS

**Figura 8.** Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Reciclo

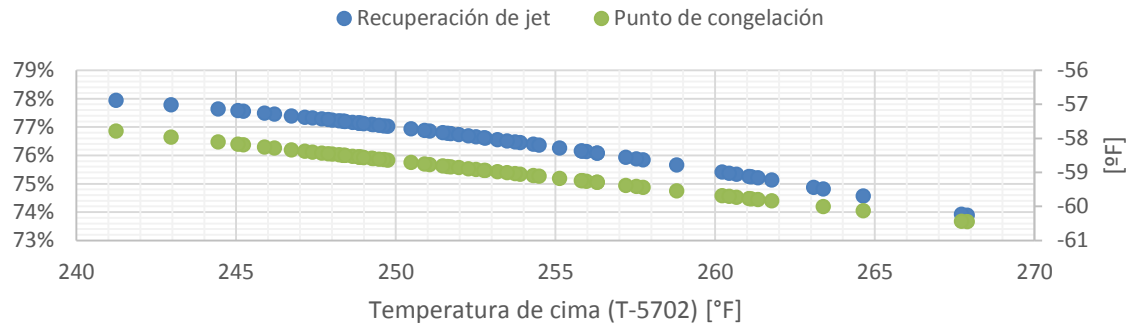


El reciclo determina la cantidad de Jet recuperado, en proporción más o menos de Jet puede llegar a ser el 70% del reciclo<sup>[10]</sup>.

El reciclo parece no tener ninguna relación con el punto de congelación del Jet.

### 2.5.5. VARIACIÓN DE TEMPERATURA DE CIMA (T-5702) Y RESPUESTA DE LOS MODELOS

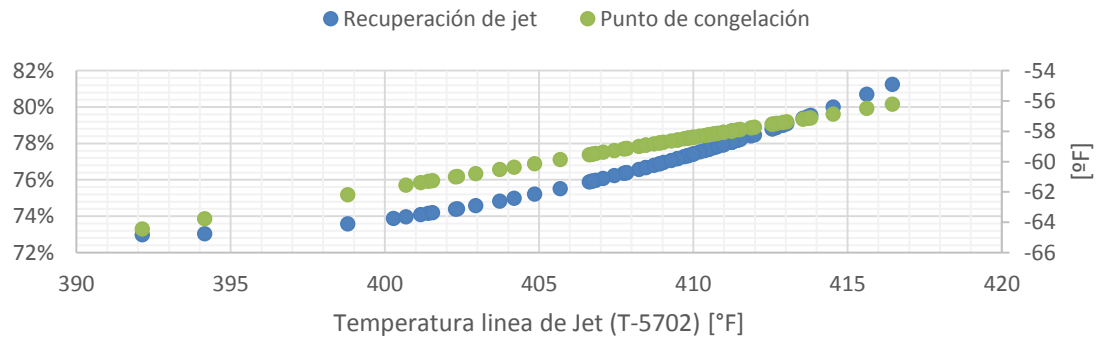
**Figura 9.** Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Temperatura de cima



Para temperaturas de cima menores a los 250 °F se tendrían mayores rendimientos; sin embargo el punto de congelamiento estaría por encima del mínimo permitido de -60°F. Esta temperatura de cima en la refinería no se trabaja a valores menores a los 240 °F ya que de lo contrario se correría el riesgo de dañar la torre. Se sugiere mantener la temperatura de cima en valores de 240°F a 250°F.

### 2.5.6. VARIACIÓN DE TEMPERATURA LÍNEA DE JET Y RESPUESTA DE LOS MODELOS

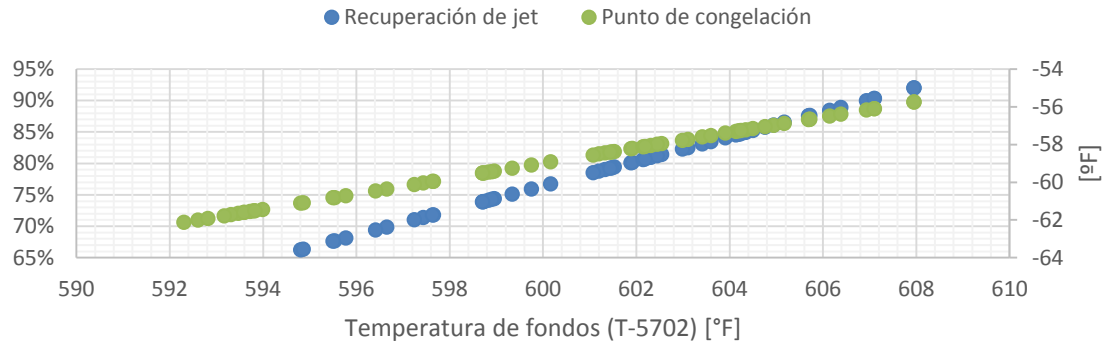
**Figura 10.** Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Temperatura línea de Jet



Los valores de temperatura en la línea de Jet deben ser altos si se quieren obtener altos porcentajes de recuperación y se recomienda que estos valores se encuentren cercanos al intervalo de temperatura de ebullición del Jet que es de 350°F a 500°F. Por otra parte el punto de congelamiento se hace menor para valores de temperatura de línea de Jet alrededor de 410°F.

### 2.5.7. VARIACIÓN DE TEMPERATURA DE FONDOS (T-5702) Y RESPUESTA DE LOS MODELOS

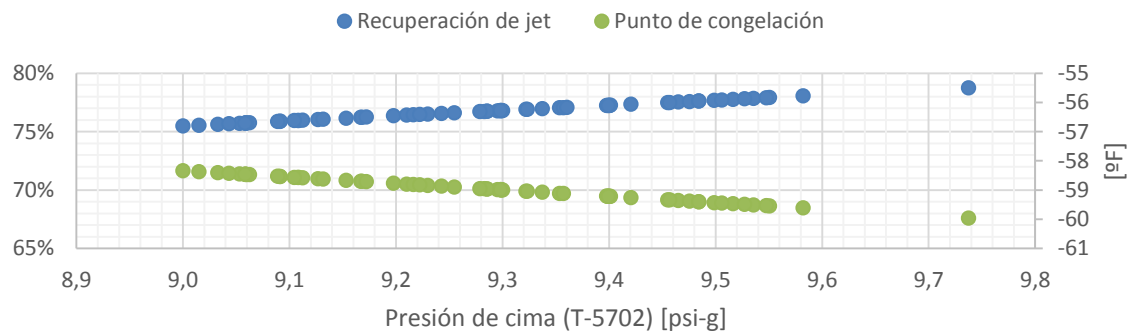
**Figura 11.** Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Temperatura de fondos



Con una temperatura de los fondos mayores a 600°F se contribuye a una mayor recuperación de Jet, pero se sacrifica un poco el punto de congelamiento. Se sugiere trabajar con una temperatura de fondo que esté en valores cercanos a 608°F.

### 2.5.8. VARIACIÓN DE PRESIÓN DE CIMA (T-5702) Y RESPUESTA DE LOS MODELOS

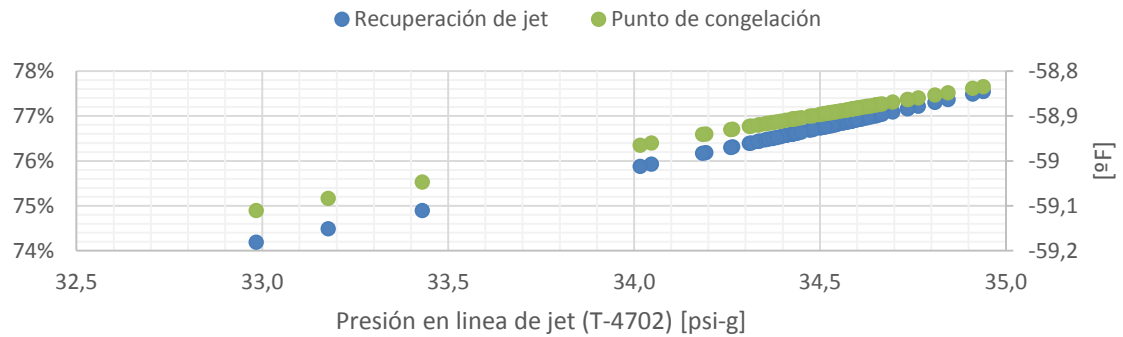
**Figura 12.** Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Presión de cima



Desde el punto de vista de la recuperación de Jet, una mayor presión de cima favorece la recuperación, para en este caso en especial se sugiere que la presión esté en un valor de 9,5 psi-g. De igual manera este valor favorece al punto de congelación que se encuentra en valor estimado de -60 °F [10].

### 2.5.9. VARIACIÓN DE PRESIÓN EN LÍNEA DE JET Y RESPUESTA DE LOS MODELOS

**Figura 13.** Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Presión en línea de Jet

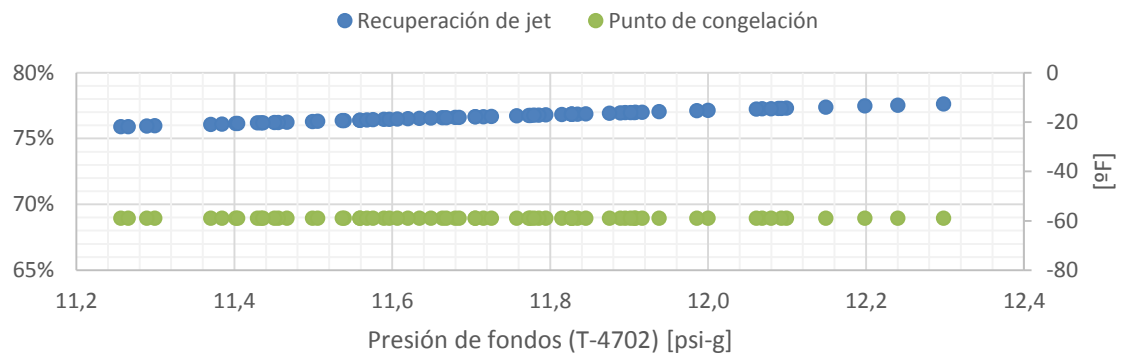


En esta figura la recuperación y el punto de congelación del Jet tienen un mismo comportamiento.

Se sugiere que se mantenga en un valor cercano a 35 psi-g.

### 2.5.10. VARIACIÓN DE PRESIÓN DE FONDOS (T-5702) Y RESPUESTA DE LOS MODELOS

**Figura 14.** Recuperación y Punto de congelación de Jet Vs. Presión de fondos



Con respecto a la recuperación de Jet, se puede evidenciar que fluctúa entre 76% a 78% a una presión de 11 a 12 psi-g, lo que hace la distancia entre estos muy pequeña, pudiéndose considerar casi constantes durante el proceso.

De igual manera para el punto de congelación, se observó una temperatura casi constante en cualquier valor de presión.

Se sugiere operar la torre a una presión de fondo de 12 psi-g para una mejor recuperación de Jet dado que es uno de los valores de presión de fondos más utilizado en la planta.

**2.5.11. TABLA RESUMEN DE INTERVALOS DE OPERACIÓN SUGERIDOS PARA LAS VARIABLES INDEPENDIENTES DE LOS MODELOS**

A continuación se muestra un resumen (Véase Tablas 17 y 18) de las sugerencias de los valores en los cuales debería operar la torre separadora T-5702 perteneciente a la unidad de HDT, los cuales surgieron del análisis de la influencia de las variables independientes sobre el porcentaje de recuperación y calidad del Jet.

**Tabla 17.** Sugerencia de intervalos de variables independientes para modelo de porcentaje de recuperación de Jet

<b>Condición Operación</b>	<b>Rango de Operación</b>	<b>Observación</b>
Jet (Carga U-5700)	4.000 a 6.000 BPD	De acuerdo al estudio, cargas menores en contenido de Jet favorecen la recuperación del mismo
Diésel (Carga U-5700)	Alrededor de 50.000 BPD	Los valores de Diésel no deben ser mayores a la capacidad de la torre que es de 56000 BPD
Temperatura de Entrada	Alrededor de 550 °F	Se utilizara esta temperatura ya que garantiza que no haya perdida del compuesto volátil (Jet)
Reciclo	13.000 BPD	Favorece la cantidad del producto recuperado
Temperatura de Cima	De 240°F a 250°F	Dado que a valores menores se corre el riesgo de dañar los platos de la torre, ya que presentaría condensación de agua
Temperatura en Línea de Jet	Alrededor de 410 °F	Temperatura dentro del intervalo de ebullición y utilizada históricamente en la planta
Temperatura de Fondos	Alrededor de 608 °F	Para mantener un perfil de temperatura adecuado
Presión de Cima	9,5 psi-g	Valor constante en operabilidad de la planta
Presión Línea de Jet	35 psi-g	Valor constante en operabilidad de la planta
Presión de Fondos	12 psi-g	Valor constante en operabilidad de la planta

**Tabla 18.** Sugerencia de intervalos de variables independientes para modelo de punto de congelación del Jet

<b>Condición Operación</b>	<b>Rango de Operación</b>	<b>Observación</b>
Jet (Carga U-5700)	6.000 a 10.000 BPD	A mayor contenido de Jet en la carga, se mejora la calidad del mismo
Diésel (Carga U-5700)	Alrededor de 50.000 BPD	Los valores de Diésel no deben ser mayores a la capacidad de la torre que es de 56000 BPD
Temperatura de Entrada Reciclo	Alrededor de 560 °F 13.000 BPD	Genera valores de calidad aceptables Favorece la calidad del producto recuperado
Temperatura de Cima	De 240°F a 250°F	Dado que a valores menores se corre el riesgo de dañar los paltos de la torre, ya que presentaría condensación de agua
Temperatura en Línea de Jet	Alrededor de 410 °F	Temperatura dentro del intervalo de ebullición y utilizada históricamente en la planta
Temperatura de Fondos	Alrededor de 608 °F	Genera valores de calidad aceptables
Presión de Cima	9,5 psi-g	Valor constante en operabilidad de la planta
Presión Línea de Jet	35 psi-g	Valor constante en operabilidad de la planta
Presión de Fondos	12 psi-g	Valor constante en operabilidad de la planta

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se determinaron dos modelos estadísticos para la predicción del porcentaje de recuperación y calidad del Jet producido en una planta de hidrotreatmento de Diésel específica, teniendo en cuenta las variables de proceso que tienen mayor impacto (Jet y Diésel de carga, reciclo, temperatura de entrada en la torre, cima, línea de Jet y fondos e igualmente presión de cima, línea de Jet y fondos).

Los modelos estadísticos propuestos en el presente trabajo son estadísticamente significativos a un nivel de confianza de 95% logrando aumentar en un 40% la recuperación de Jet a comparado con los registros históricos de la planta de hidrotreatmento de Diésel en los años que fueron tomados para este estudio (2012 a 2014). La incidencia de las variables operacionales que inicialmente se tomaron en cuenta para el modelo a partir de conceptos y análisis ingenieriles, fue posteriormente corroborada a partir de un análisis de varianza ANOVA.

Este estudio tuvo en cuenta aspectos técnicos del proceso analizado. Cabe resaltar que los modelos estadísticos tienen comportamientos diferentes y no hay interacción entre estos dos. Esta independencia puede ser aprovechada positivamente por la refinería dado que en ciertos momentos se le puede dar prioridad a uno de los dos modelos propuestos, ya sea calidad (Punto de congelación) o cantidad (Porcentaje de recuperación).

Los intervalos sugeridos de operabilidad de los modelos estadísticos son los mismos en ambos para: Reciclo, temperatura de cima, línea de Jet y fondos e igualmente presión de cima, línea de Jet y fondos respectivamente de la torre separadora T-5702. Por otra parte, se evidenció que las variables que tienen un mayor impacto en la predicción del porcentaje de recuperación y punto de congelación del Jet y que por tanto serán las variables manipulables en la planta de HDT son: Jet en carga, Diésel en carga y temperatura de entrada en la torre separadora T-5702 lo cual facilitara el trabajo del personal operativo.

Cabe recordar que estos dos modelos estadísticos propuestos, son solo aplicables a la unidad de hidrotreatmento (U-5700) con el montaje estructural de equipos que posee actualmente. Dado el caso que se presentara una modificación en la estructura de equipos de la misma el modelo estadístico no sería recomendable.

Para posteriores estudios se sugeriría determinar un modelo estadístico haciendo uso de herramientas computacionales más robustas donde interactuaran de manera conjunta el punto de congelación y el porcentaje de recuperación de Jet, ya que de ser así se estaría planteando un problema de mucha más complejidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1]. CORDIDO, A., GUERRA, A. & PÉREZ, S. Modelaje de los principales equipos de la unidad de alquilación de la refinería el Palito. En: Revista ingeniería UC. Vol. 22, No. 2. (Ago., 2015), p. ISSN 1316-6832.
- [2]. CASTILLO, R. Desarrollo de modelos de regresión que representen el comportamiento del número de octano y rendimiento del reformado de la unidad de reformación catalítica de nafta (U-20) de la refinería Puerto la Cruz-PDVSA. Barcelona, Venezuela., 2010. Designación de trabajo de grado (Ingeniero Químico). Universidad de Oriente. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Departamento de Ingeniería Química. Disponible en el catálogo en línea de la Universidad de Oriente: <http://ri.bib.udo.edu.ve/>.
- [3]. RUIZ, A., TREVIÑO, F. & MARTINEZ, J. Modelo estadístico que permite observar el impacto de los factores que inciden en el rendimiento de combustible. En: Revista Nova Scientia, Vol. 7, No. 14. (Oct., 2015). p. ISSN 2007-0705.
- [4]. PI, ECOPETROL. Diagrama grande de control: Unidad de hidrotratamiento U-4700. Barrancabermeja, Colombia., 2014.
- [5]. ALVAREZ, M., HOYOS, L. & ZAMBRANO, L. Modelado del proceso de hidrotratamiento de Diésel. En: Revista ION. Vol. 25, No. 2. (Dic., 2012), p. ISSN 0120-100X.
- [6]. PI, ECOPETROL. Datos operativos U-4700. Barrancabermeja, Colombia., 2014.
- [7]. AXENS NORTH AMERICA, INC. Process study Diesel hydrotreating Unit. (2010). Princeton, North America, 2008.
- [8]. LLINAS, H. & ROJAS, C. Estadística descriptiva y distribuciones de probabilidad. Edición Uninorte. Barranquilla, Colombia., 2005. 428 p.
- [9]. AXENS NORTH AMERICA, INC. Libro de proceso hidrotratamiento de combustibles. Princeton, North America, 2008.

## BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ, M., HOYOS, L. & ZAMBRANO, L. Modelado del proceso de hidrotratamiento de Diésel. En: Revista ION. Vol. 25, No. 2. (Dic., 2012), p. ISSN 0120-100X.

AXENS NORTH AMERICA, INC. Libro de proceso hidrotratamiento de combustibles. Princeton, North America, 2008.

AXENS NORTH AMERICA, INC. Process study Diesel hydrotreating Unit. (2010). Princeton, North America, 2008.

CASTILLO, R. Desarrollo de modelos de regresión que representen el comportamiento del número de octano y rendimiento del reformado de la unidad de reformación catalítica de nafta (U-20) de la refinería Puerto la Cruz-PDVSA. Barcelona, Venezuela., 2010. Designación de trabajo de grado (Ingeniero Químico). Universidad de Oriente. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Departamento de Ingeniería Química. Disponible en el catálogo en línea de la Universidad de Oriente: <http://ri.bib.udo.edu.ve/>.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 1205. (14, Julio, 2008). Por medio de la cual se mejora la calidad de vida a través de la calidad del diésel y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 2008. No. 47050.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 1180. (23, Junio, 2006). Por la cual se modifican parcialmente las Resoluciones 1565 y 1289 del 27 de diciembre de 2004 y 7 de septiembre de 2005, respectivamente. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 2006. No. 46308.

CORDIDO, A., GUERRA, A. & PÉREZ, S. Modelaje de los principales equipos de la unidad de alquilación de la refinería el Palito. En: Revista ingeniería UC. Vol. 22, No. 2. (Ago., 2015), p. ISSN 1316-6832.

LLINAS, H. & ROJAS, C. Estadística descriptiva y distribuciones de probabilidad. Edición Uninorte. Barranquilla, Colombia., 2005. 428 p.

MCCABE, W., SMITH, J. & HARRIOTT, P. Operaciones unitarias en Ingeniería Química. 4ta Edición. Editorial McGraw-Hill. México, 2005. 1168 p.

MONTGOMERY, D. Design and analysis of experiments. 7th Edition. John Wiley & Son, Inc. Georgia, U.S.A., 2008. 680 p.

PERRY, J. & CHILTON, C. Manual del Ingeniero Químico. 4ta Edición. Editorial McGraw-Hill. México, 1986. 1285 p.

PI, ECOPETROL. Datos operativos U-4700. Barrancabermeja, Colombia., 2014.

PI, ECOPETROL. Diagrama grande de control: Unidad de hidrotreatmento U-4700. Barrancabermeja, Colombia., 2014.

RUIZ, A., TREVIÑO, F. & MARTINEZ, J. Modelo estadístico que permite observar el impacto de los factores que inciden en el rendimiento de combustible. En: Revista Nova Scientia, Vol. 7, No. 14. (Oct., 2015). p. ISSN 2007-0705.

STATSOFT. Statistica User's Guide. U.S.A., 2004.

WALPOLE, R., MYERS, H. & MYERS, S. Probabilidad y estadística para Ingeniería y Ciencias. 9na edición. Pearson Educación. México, 2012. 739 p.

## ANEXOS

### ANEXO A.

#### Procedimiento en el software STATISTICA v7 (Free Trial) para el ajuste de parámetros de los modelos estadísticos (Inicial y Mejorado)

Procedimiento que se realizó para el Análisis ANOVA de los modelos estadísticos dentro del software STATISTICA v7 (Free Trial), en este caso se utilizó el ejemplo de recuperación de Jet.

1. Tabulación de variables. Las variables independientes fueron nombradas de (x1 a x10) y la variable dependiente como (y1).

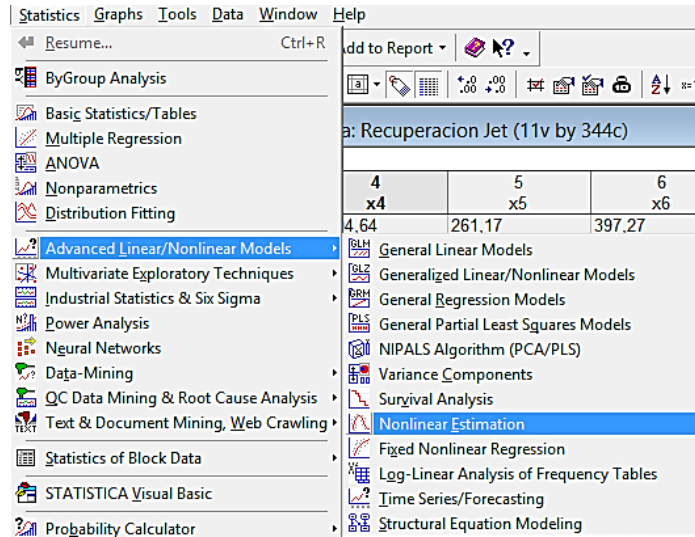
**Figura A-1.** Tabulación de variables

	1 x1	2 x2	3 x3	4 x4	5 x5	6 x6	7 x7	8 x8	9 x9	10 x10	11 y1
1	14489,84	41864,85	542,61	10504,64	261,17	397,27	576,14	9,20	34,44	12,18	40,75%
2	14399,28	41845,00	544,99	10737,28	259,91	400,73	579,34	9,20	34,47	12,23	39,56%
3	13511,42	39267,57	544,70	10690,66	259,99	398,63	579,88	9,20	34,38	12,22	38,46%
4	12509,22	37809,43	545,16	10751,44	261,08	397,33	581,37	9,20	34,32	12,19	39,57%
5	12473,18	37862,49	546,44	10257,40	261,44	397,01	582,91	9,20	34,39	12,11	38,59%
6	11642,16	34175,07	547,76	9573,27	261,98	401,74	585,78	9,20	34,36	12,04	39,42%
7	11040,05	34336,25	546,06	8329,74	253,54	399,32	580,91	9,20	34,28	11,93	38,97%
8	9792,14	24870,31	540,99	9995,47	266,22	397,06	580,58	9,20	34,22	12,12	48,71%
9	10164,13	24502,06	541,59	10184,22	261,98	399,87	582,66	9,20	34,26	12,08	54,04%
10	8934,68	25952,78	546,73	8728,84	260,74	404,66	586,60	9,20	34,30	11,99	51,22%
11	6288,77	28804,81	556,27	6053,54	278,83	402,37	591,48	9,20	34,33	11,76	56,59%
12	10030,04	45941,17	552,69	8170,16	251,43	397,69	585,13	9,20	34,47	12,00	48,58%
13	10492,54	41373,72	547,13	8386,49	252,25	399,20	580,52	9,20	34,43	12,10	47,57%
14	10178,62	37407,27	550,40	8094,22	251,79	401,15	585,10	9,20	34,41	12,10	46,70%
15	9354,37	38202,16	552,83	7469,00	253,50	394,24	585,97	9,20	34,38	12,02	39,39%
16	10816,40	36170,58	548,80	7879,37	254,82	393,72	581,81	9,20	34,32	12,02	35,69%
17	11188,94	36175,20	549,69	8205,83	252,63	399,95	583,82	9,20	34,36	12,04	37,66%
18	10071,44	37301,29	549,92	8064,74	256,19	394,33	583,10	9,20	34,39	12,03	38,33%
19	3678,07	36519,45	566,79	7102,42	254,71	392,28	604,44	9,19	34,47	11,91	92,40%
20	9835,74	31876,46	551,57	7973,57	249,39	390,74	588,43	9,20	34,33	11,96	46,30%
21	12262,15	31515,61	541,44	9392,01	260,08	397,38	579,94	9,19	34,35	12,07	51,08%
22	3367,38	36912,29	569,11	6931,60	259,16	396,55	608,14	9,19	34,42	11,92	90,94%
23	4956,49	36006,15	564,21	8116,43	250,10	407,14	604,12	9,20	34,40	12,02	63,21%
24	11397,62	30862,74	543,03	9546,48	247,14	397,10	581,67	9,19	34,30	12,07	49,44%
25	9895,36	31490,51	549,24	8307,97	257,13	399,20	588,73	9,19	34,35	12,01	53,90%
26	6150,82	19509,68	549,72	6762,22	275,98	396,93	590,60	9,20	34,14	11,81	61,77%
27	6585,43	23498,75	555,34	9021,42	273,47	380,88	596,34	9,20	34,10	12,11	44,38%
28	8099,37	28351,46	549,43	9741,99	263,14	394,25	593,94	9,20	34,24	12,14	62,01%
29	9145,59	24739,52	547,47	9636,60	267,14	395,88	595,74	9,20	34,25	12,11	59,08%
30	9504,19	25788,02	545,70	9715,41	264,03	386,29	592,73	9,19	34,28	12,18	59,44%

Fuente: STATISTICA v7 (Free Trial)

2. En el menú STATISTICS escoger la opción ADVANCED LINEAL/NONLINEAR MODELS y dentro de este menú escoger NONLINEAR ESTIMATION

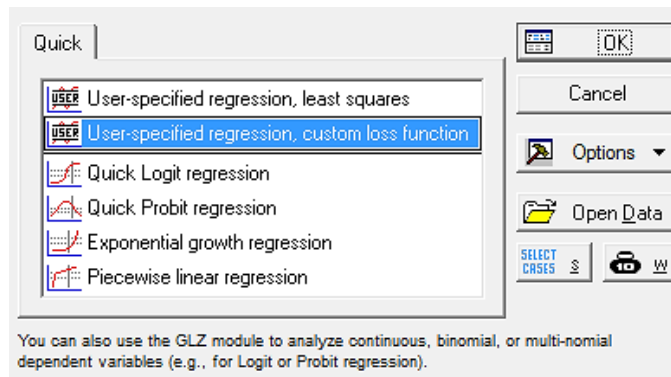
**Figura A-2.** Opción no lineal estimación



Fuente: STATISTICA v7 (Free Trial)

3. Seleccionar la opción *USER-SPECIFIED REGRESSION, CUSTOM LOSS FUNCTION* e ingresar la ecuación del modelo inicial o el modelo mejorado, ya sea el caso de estudio.

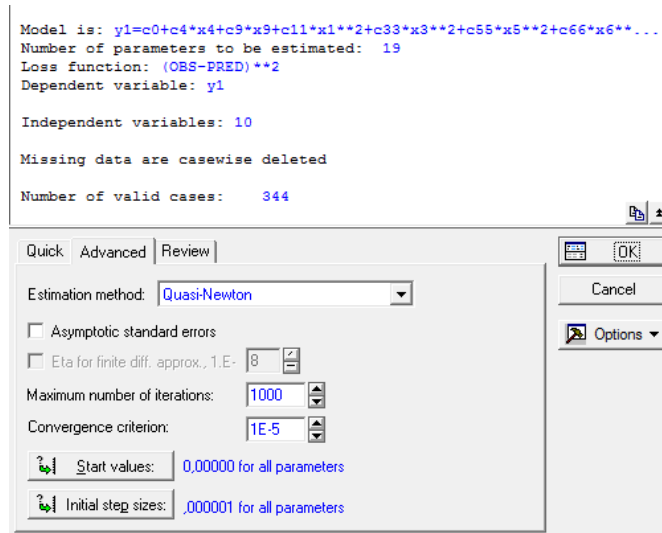
**Figura A-3.** Ventana emergente 1



Fuente: STATISTICA v7 (Free Trial)

4. Seleccionar el método numérico *QUASI NEWTON* y definir el número de iteraciones para el método y los valores iniciales (Iniciarán de 0 con un paso de 1E-6), criterio de convergencia de 1E-5

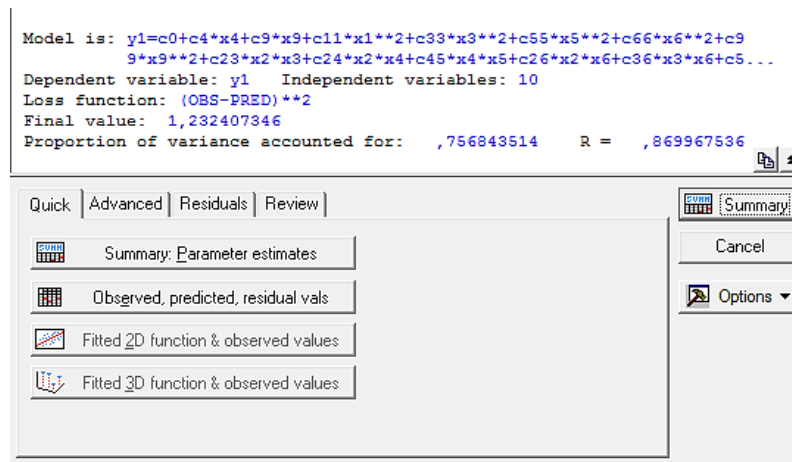
Figura A-4. Ventana emergente 2



Fuente: STATISTICA v7 (Free Trial)

5. Seleccionar el botón *SUMMARY PARAMETER ESTIMATES* para visualizar los parámetros ajustados y el factor de ajuste obtenido por el método.

Figura A-5. Ventana emergente 3



Fuente: STATISTICA v7 (Free Trial)

## ANEXO B

### Procedimiento en el software STATISTICA v7 (Free Trial) para el análisis ANOVA mediante pruebas F parciales de los modelos estadístico (Inicial y Mejorado)

Procedimiento que se realizó para el Análisis ANOVA de los modelos estadísticos dentro del software SATISTICA Versión 7.0, en este caso se utilizó el ejemplo de recuperación de Jet.

1. Tabulación de variables. Las variables independientes fueron nombradas de ( $x_1$  -  $x_{10}$ ) y la variable dependiente como ( $y_1$ ).

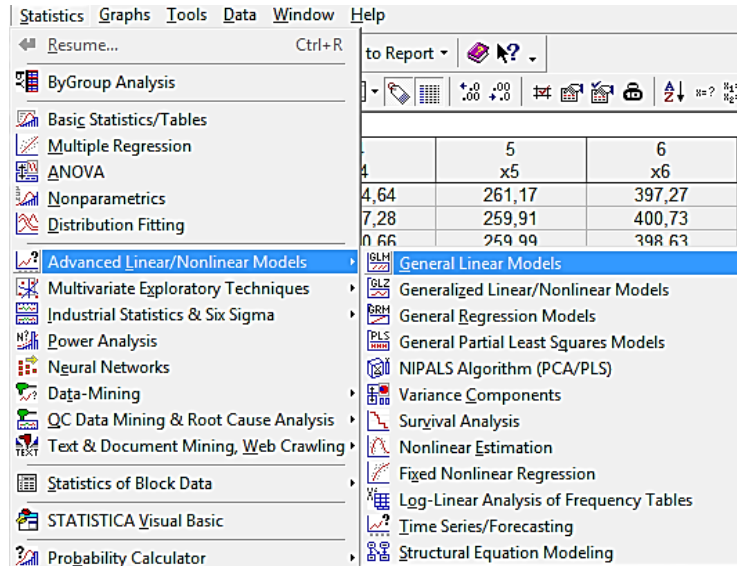
Figura B-1. Tabulación de variables

	1 $x_1$	2 $x_2$	3 $x_3$	4 $x_4$	5 $x_5$	6 $x_6$	7 $x_7$	8 $x_8$	9 $x_9$	10 $x_{10}$	11 $y_1$
1	14480.84	41864.85	542.61	10504.64	261.17	397.27	576.14	9.20	34.44	12.18	40.75%
2	14398.28	41845.00	544.98	10737.28	259.91	400.73	579.34	9.20	34.47	12.23	39.56%
3	13511.42	39267.57	544.70	10690.66	259.99	399.63	579.88	9.20	34.38	12.22	38.46%
4	12509.22	37809.43	545.16	10751.44	261.08	397.33	581.37	9.20	34.32	12.19	39.57%
5	12473.18	37852.49	546.44	10257.40	261.44	397.01	582.91	9.20	34.39	12.11	38.59%
6	11642.16	34175.07	547.76	9573.27	261.98	401.74	585.78	9.20	34.36	12.04	39.42%
7	11040.05	34336.25	546.06	8329.74	253.54	399.32	580.91	9.20	34.28	11.93	38.97%
8	9792.14	24870.31	540.99	9995.47	265.22	397.06	580.58	9.20	34.22	12.12	48.71%
9	10164.13	24502.06	541.69	10184.22	261.98	399.87	582.66	9.20	34.26	12.08	54.04%
10	8934.68	25952.78	546.73	8728.84	260.74	404.66	586.60	9.20	34.30	11.99	51.22%
11	6288.77	28804.81	556.27	6053.54	278.83	402.37	591.48	9.20	34.33	11.76	56.59%
12	10030.04	45941.17	552.59	8170.16	251.43	397.69	585.13	9.20	34.47	12.00	48.58%
13	10492.54	41373.72	547.13	8386.49	252.25	399.20	580.52	9.20	34.43	12.10	47.57%
14	10178.62	37407.27	550.40	8094.22	251.79	401.15	585.10	9.20	34.41	12.10	46.70%
15	9354.37	38202.16	552.83	7469.00	253.50	394.24	585.97	9.20	34.38	12.02	39.39%
16	10816.40	36170.58	548.80	7879.37	254.82	393.72	581.81	9.20	34.32	12.02	35.69%
17	11186.94	36175.20	549.69	8205.83	252.63	399.95	583.82	9.20	34.36	12.04	37.66%
18	10071.44	37301.29	549.92	8064.74	256.19	394.33	583.10	9.20	34.39	12.03	38.33%
19	9835.74	36519.45	566.79	7102.42	254.71	392.28	604.44	9.19	34.47	11.91	92.40%
20	9835.74	31876.46	551.57	7973.57	249.39	390.74	588.43	9.20	34.33	11.96	46.30%
21	12262.15	31515.61	541.44	9392.01	260.08	397.38	579.94	9.19	34.35	12.07	51.08%
22	3367.38	36912.29	569.11	6931.60	259.16	396.55	608.14	9.19	34.42	11.92	90.94%
23	4956.48	36006.15	564.21	8116.43	250.10	407.14	604.12	9.20	34.40	12.02	63.21%
24	11397.62	30862.74	543.03	9546.48	247.14	397.10	581.67	9.19	34.30	12.07	49.44%
25	9895.36	31490.51	549.24	8307.97	257.13	399.20	588.73	9.19	34.35	12.01	53.90%
26	6150.82	19509.68	549.72	6762.22	275.98	396.93	590.60	9.20	34.14	11.81	61.77%
27	6585.43	23498.75	555.34	9021.42	273.47	380.88	596.34	9.20	34.10	12.11	44.38%
28	8099.37	28351.46	549.43	9741.99	263.14	394.25	593.94	9.20	34.24	12.14	62.01%
29	9145.59	24739.52	547.47	9636.60	267.14	395.88	595.74	9.20	34.25	12.11	59.08%
30	9504.19	25788.02	545.30	9715.41	264.03	395.29	592.73	9.19	34.28	12.18	59.44%

Fuente: STATISTICA v7 (Free Trial)

2. En la interfaz de inicio, en el menú de STATISTICA v7 (Free Trial) seleccionar *ADVANCED LINEAL/NONLINEAR MODELS* y luego *GENERAL LINEAR MODELS*. En la siguiente ventana emergente oprimir OK.

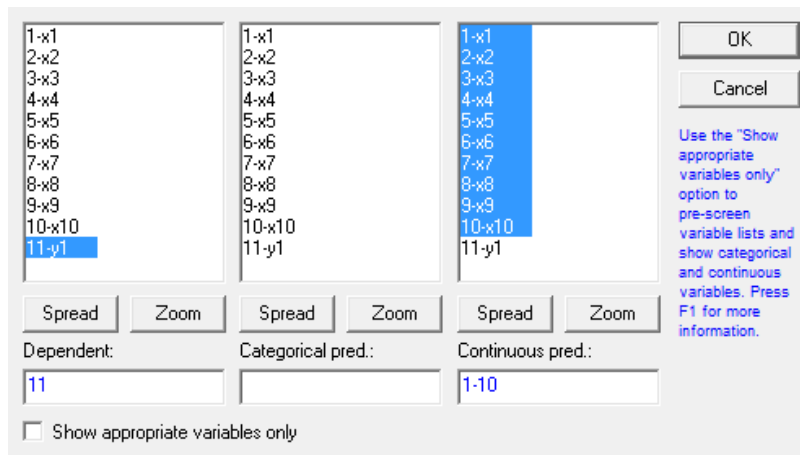
**Figura B-2.** Opción GENERAL LINEAR MODELS



Fuente: STATISTICA v7 (Free Trial)

3. En el siguiente cuadro de diálogo oprimir el botón *VARIABLES*. Seleccionar (*y1*) en *DEPENDENT* y de igual manera se seleccionan las variables de (*x1 a x10*) en *CONTINUOUS PRED.*

**Figura B-3.** Ventana emergente 1

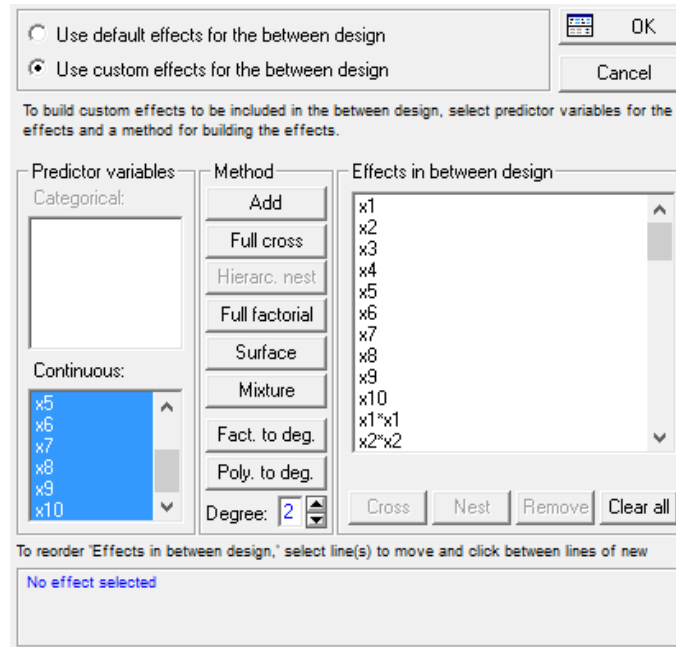


Fuente: STATISTICA v7 (Free Trial)

4. En el botón *BETWEEN EFECCTS* seleccionar el modo *CUSTOM EFFECTS* y en el cuadro *CONTINUOUS* se seleccionan los efectos entre variables que se desea estudiar (65 combinaciones entre variables para el modelo inicial o las

combinaciones con significancia para el modelo mejorado) esto mediante las opciones *POLY. TO DEG* y *FACT.TO DEG*. Estas dos opciones relacionan los efectos lineales, cuadráticos y cruzados de las variables independientes.

**Figura B-4.** Ventana emergente 2



Fuente: STATISTICA v7 (Free Trial)

5. En el cuadro de intervalo de confianza se seleccionó 0,95 y valores-p menores a 0,05 y oprimir el botón *ALL EFECCTS*
6. Visualizar la tabla con el valor-p de cada uno de los efectos de las variables independientes sobre la dependiente.

## ANEXO C.

**Tabla C.** Tabulación de los datos históricos en el periodo de 2012 a 2014

Caso	Diésel Carga FIC57001 [BPD]	Jet en Diésel Carga [%]	VARIABLES INDEPENDIENTES										VARIABLE DEPENDIENTE			Jet HDT FIC57031 [BPD]	Diésel HDT FIC57032 [BPD]
			Jet [BPD]	Diésel [BPD]	T Entrada TI 57074 [°F]	Reciclo FIC57028 [BPD]	T Cima TI57075 [°F]	T Medios TI57076 [°F]	T Fondos TI57077 [°F]	P Cima PIC57096 [psi]	P Medios PI57155 [psi]	P Fondos PI57081 [psi]	Recuperación Jet [%]	Punto de Congelación [°C]	Punto de Congelación [°F]		
1	56345,687	26%	14480,841	41864,845	542,611	10504,638	261,174	397,268	576,143	9,199	34,441	12,176	41%	-53	-63	5900,434	50071,854
2	56243,274	26%	14398,278	41844,996	544,981	10737,279	259,908	400,727	579,342	9,199	34,467	12,232	40%	-54	-65	5696,228	50073,358
3	52778,996	26%	13511,423	39267,573	544,699	10690,664	259,988	398,635	579,882	9,199	34,384	12,217	38%	-55	-67	5196,671	47025,602
4	50318,648	25%	12509,216	37809,432	545,155	10751,439	261,079	397,333	581,374	9,199	34,324	12,185	40%	-54	-65	4949,339	44560,024
5	50335,675	25%	12473,180	37862,495	546,441	10257,405	261,442	397,015	582,913	9,199	34,389	12,115	39%	-51	-60	4813,468	44668,652
6	45817,225	25%	11642,157	34175,068	547,760	9573,274	261,982	401,738	585,785	9,199	34,357	12,042	39%	-48	-54	4588,880	40396,540
7	45376,300	24%	11040,054	34336,246	546,063	8329,738	253,542	399,316	580,910	9,199	34,285	11,934	39%	-49	-56	4301,782	40741,974
8	34662,446	28%	9792,141	24870,305	540,990	9995,465	265,225	397,063	580,579	9,199	34,216	12,120	49%	-58	-72	4769,899	29073,759
9	34666,185	29%	10164,126	24502,060	541,592	10184,217	261,981	399,873	582,662	9,199	34,261	12,078	54%	-53	-63	5492,783	28441,295
10	34887,460	26%	8934,678	25952,781	546,730	8728,837	260,736	404,662	586,595	9,198	34,304	11,993	51%	-55	-67	4576,134	28920,505
11	35093,574	18%	6288,769	28804,806	556,265	6053,538	278,834	402,370	591,481	9,199	34,325	11,759	57%	-54	-65	3558,652	31390,312
12	55971,211	18%	10030,041	45941,170	552,593	8170,159	251,428	397,686	585,134	9,199	34,467	11,996	49%	-55	-67	4872,913	51027,596
13	51866,261	20%	10492,545	41373,716	547,134	8386,489	252,250	399,197	580,517	9,199	34,433	12,102	48%	-48	-54	4991,385	47050,537
14	47585,890	21%	10178,622	37407,268	550,402	8094,218	251,794	401,155	585,102	9,198	34,414	12,097	47%	-51	-60	4753,161	43047,863
15	47556,524	20%	9354,368	38202,156	552,828	7469,001	253,500	394,241	585,965	9,199	34,378	12,024	39%	-54	-65	3684,584	44103,071
16	46986,978	23%	10816,402	36170,576	548,804	7879,368	254,821	393,718	581,813	9,199	34,317	12,022	36%	-69	-69	3860,515	42962,641
17	47362,141	24%	11186,938	36175,203	549,695	8205,829	252,628	399,954	583,817	9,199	34,358	12,035	38%	-55	-67	4213,236	42661,162
18	47372,729	21%	10071,442	37301,286	549,918	8064,738	256,192	394,334	583,099	9,200	34,385	12,030	38%	-51	-60	3860,244	43137,742
19	40197,523	9%	3678,073	36519,450	566,786	7102,421	254,710	392,283	604,443	9,195	34,466	11,907	92%	-52	-62	3398,638	36921,010
20	41712,193	24%	9835,735	31876,458	551,568	7973,572	249,395	390,743	588,428	9,196	34,326	11,963	46%	-60	-76	4553,742	37057,690
21	43777,757	28%	12262,150	31515,607	541,438	9392,011	260,079	397,383	579,942	9,194	34,353	12,075	51%	-53	-63	6263,248	37297,678
22	40279,672	8%	3367,381	36912,292	569,111	6931,601	259,165	396,547	608,139	9,194	34,424	11,915	91%	-50	-58	3062,193	36929,557
23	40962,633	12%	4956,479	36006,154	564,213	8116,432	250,100	407,138	604,124	9,196	34,402	12,025	63%	-44	-47	3132,896	36794,058
24	42260,356	27%	11397,618	30862,738	543,032	9546,476	247,138	397,102	581,671	9,194	34,304	12,068	49%	-57	-71	5635,007	36225,324
25	41385,868	24%	9895,361	31490,507	549,244	8307,971	257,128	399,203	588,730	9,194	34,352	12,008	54%	-51	-60	5333,725	35979,038
26	25660,499	24%	6150,822	19509,678	549,717	6762,219	275,979	396,926	590,597	9,196	34,135	11,812	62%	-55	-67	3799,184	21528,936
27	30084,182	22%	6585,427	23498,754	555,338	9021,417	273,469	380,884	596,336	9,196	34,099	12,112	44%	-63	-81	2922,326	27037,150
28	36450,830	22%	8099,374	28351,455	549,425	9741,989	263,140	394,254	593,938	9,195	34,238	12,138	62%	-62	-80	5022,080	31366,914
29	33885,110	27%	9145,591	24739,518	547,468	9636,596	267,140	395,876	595,741	9,195	34,246	12,114	59%	-67	-89	5403,266	28277,554
30	35292,219	27%	9504,195	25788,024	545,297	9715,410	264,026	395,287	592,728	9,194	34,280	12,182	59%	-64	-83	5648,978	29223,069
31	35338,542	26%	9301,104	26037,437	546,665	9348,503	262,197	398,839	593,293	9,195	34,236	12,061	62%	-61	-78	5720,228	29113,114
32	37860,900	28%	10487,469	27373,431	546,301	9887,958	260,974	396,541	591,817	9,196	34,299	12,157	57%	-63	-81	5945,816	31407,889
33	52514,484	29%	15202,943	37311,541	537,867	13047,921	251,520	394,535	576,125	9,250	34,515	12,462	50%	-61	-78	7668,556	43998,474
34	48109,950	26%	12744,326	35365,624	545,927	10512,364	261,540	397,425	587,768	9,250	34,428	12,290	53%	-57	-71	6811,601	40809,327
35	48125,208	27%	11293,806	35131,402	542,033	10730,249	258,836	395,676	582,765	9,249	34,406	12,283	55%	-58	-72	7118,743	40438,781
36	43075,285	26%	11251,264	31824,020	546,790	10349,724	258,953	400,245	590,501	9,249	34,373	12,239	59%	-59	-74	6693,957	35877,227
37	45420,073	26%	11695,669	33724,404	546,708	10321,925	256,294	398,341	588,761	9,249	34,425	12,225	57%	-52	-62	6625,018	37870,697
38	26405,236	26%	6915,531	19489,704	531,629	6675,320	291,685	376,521	570,225	11,848	34,865	15,059	58%	-55	-67	3980,814	21618,497
39	46163,094	27%	12685,618	33477,476	543,509	11592,261	257,518	395,138	586,531	9,249	34,387	12,258	53%	-61	-78	6762,411	38227,479
40	52391,586	27%	14318,621	38072,966	540,100	11267,443	257,819	397,789	578,254	9,248	34,482	12,299	51%	-58	-72	7354,604	43931,700
41	54334,791	26%	14089,011	40245,780	542,985	9749,444	258,358	400,470	578,223	9,250	34,482	12,272	43%	-58	-72	6041,772	47200,667
42	54256,068	26%	14068,599	40187,470	548,066	8515,430	254,347	398,213	581,287	9,249	34,503	12,253	35%	-57	-71	4907,143	48781,106
43	54236,604	28%	15430,314	38806,290	538,037	12337,930	255,294	397,753	575,376	9,248	34,561	12,543	49%	-54	-65	7630,864	46054,939

44	52278,634	29%	15108,525	37170,109	539,310	11992,104	254,646	399,708	576,927	9,248	34,500	12,472	48%	-52	-62	7241,738	44597,821
45	52206,554	27%	14241,948	37964,606	538,904	11033,568	252,773	398,096	576,346	9,254	34,513	12,419	49%	-54	-65	6998,927	44504,184
46	52186,559	30%	15494,189	36692,370	538,607	11457,186	249,836	396,304	576,039	9,250	34,490	12,442	44%	-54	-65	6854,029	44553,537
47	52244,080	30%	15626,204	36617,876	538,680	11159,855	252,793	399,437	576,095	9,250	34,451	12,392	45%	-50	-58	7092,066	44102,282
48	55265,194	26%	14297,106	40968,088	542,134	11085,585	251,490	399,509	578,310	9,250	34,516	12,338	47%	-52	-62	6760,742	47342,261
49	55385,777	26%	14416,918	40968,859	542,191	10979,029	250,407	399,156	578,025	9,249	34,527	12,301	48%	-54	-65	6933,867	47547,812
50	56212,153	24%	13727,008	42485,145	543,809	9798,292	248,626	400,554	578,481	9,250	34,565	12,212	50%	-49	-56	6796,864	48714,359
51	56469,095	24%	13513,054	42956,040	545,906	8558,352	254,648	401,070	578,802	9,249	34,526	12,079	44%	-51	-60	5993,672	49647,613
52	56304,348	23%	13006,304	43298,044	546,073	8417,768	254,098	399,339	578,810	9,250	30,568	12,096	45%	-51	-60	5796,657	49998,378
53	56253,174	24%	13618,893	42634,281	546,481	8622,820	249,754	401,620	579,458	9,249	34,759	12,124	41%	-50	-58	5612,204	50103,458
54	56279,062	24%	13349,394	42929,669	549,330	10437,092	247,962	398,283	585,201	9,250	34,794	12,212	47%	-53	-63	6284,662	49204,400
55	51871,359	24%	12303,886	39567,473	548,906	9693,617	247,340	398,026	585,875	9,248	34,768	12,146	49%	-54	-65	6067,535	45239,256
56	56283,553	24%	13586,850	42696,704	546,103	11850,891	247,422	394,063	582,541	9,250	34,545	12,312	50%	-56	-69	6802,124	48528,542
57	56251,621	26%	14788,551	41463,070	542,576	12481,286	245,266	395,895	578,639	9,250	34,541	12,357	50%	-53	-63	7324,056	48153,293
58	56287,137	26%	14797,888	41489,249	544,911	11641,776	247,596	395,940	580,811	9,249	34,609	12,386	46%	-54	-65	6858,914	48613,501
59	56293,509	24%	13274,009	43019,499	544,687	10436,032	248,150	396,544	580,298	9,249	34,567	12,306	51%	-49	-56	6729,619	48574,954
60	56193,736	24%	13604,503	42589,233	543,194	10707,009	246,832	397,093	579,301	9,249	34,537	12,351	50%	-51	-60	6830,104	48366,581
61	56168,532	26%	14424,079	41744,453	542,700	11833,452	251,939	395,330	578,006	9,249	34,550	12,405	44%	-57	-71	6277,953	49065,118
62	55861,519	27%	15171,988	40689,530	538,777	12616,188	251,748	398,306	574,459	9,250	34,439	12,464	46%	-52	-62	6991,801	47864,236
63	56407,617	23%	12719,918	43687,699	543,006	9907,804	252,572	397,154	576,283	9,250	34,406	12,154	45%	-52	-62	5770,311	49338,532
64	54141,495	24%	12874,847	41266,647	542,905	9565,315	249,835	400,480	577,380	9,249	34,476	12,173	46%	-47	-53	5969,092	47227,364
65	45305,816	23%	10547,194	34758,622	544,122	8655,992	251,993	397,734	581,754	9,250	34,420	12,092	54%	-53	-63	5717,914	38650,955
66	56117,571	23%	13064,170	43053,400	542,062	10960,552	248,585	396,551	577,774	9,250	34,490	12,255	53%	-56	-69	6984,424	48390,543
67	56188,334	24%	13625,671	42562,663	542,829	10283,791	248,494	399,655	577,965	9,249	34,473	12,180	51%	-55	-67	6954,501	48474,964
68	56233,894	24%	13338,680	42895,214	544,345	9843,081	247,964	396,700	578,421	9,250	34,468	12,134	47%	-51	-60	6328,991	49267,355
69	56236,173	24%	13682,261	42553,912	543,986	9764,105	248,566	398,350	578,573	9,250	34,521	12,170	48%	-53	-63	6547,016	48859,988
70	56468,389	25%	14320,383	42148,006	543,434	9941,443	249,519	393,925	578,170	9,250	34,540	12,230	44%	-58	-72	6318,327	49073,586
71	56199,931	24%	13544,183	42655,747	543,788	9890,109	248,866	395,617	577,955	9,250	34,535	12,166	47%	-54	-65	6370,040	49234,358
72	56205,538	19%	10774,602	45430,937	549,820	7607,094	247,681	394,604	580,969	9,251	34,487	12,021	41%	-53	-63	4382,385	51455,406
73	56228,034	23%	13089,886	43138,147	545,064	9813,253	246,636	397,961	578,476	9,100	34,383	12,032	45%	-54	-65	5887,439	49979,471
74	56464,803	25%	14325,120	42139,682	542,661	10918,138	249,322	397,116	577,474	9,100	34,544	12,093	44%	-53	-63	6241,629	49346,400
75	56219,259	22%	12087,141	44132,118	543,329	10623,084	247,258	399,583	577,905	9,099	34,510	12,039	53%	-51	-60	6418,915	49400,929
76	56198,344	24%	13319,008	42879,337	544,223	9563,150	248,019	399,154	578,114	9,099	34,308	11,952	47%	-50	-58	6313,451	49484,453
77	56158,168	25%	14073,237	42084,931	543,901	9618,407	248,564	395,873	577,763	9,100	34,313	11,957	43%	-54	-65	6090,659	49466,922
78	56451,751	24%	13491,969	42959,783	544,027	9801,589	247,331	397,303	578,118	9,100	34,351	11,984	47%	-49	-56	6283,090	49306,383
79	56230,526	24%	13225,420	43005,107	544,652	9946,403	247,906	398,309	578,863	9,100	34,396	12,030	47%	-51	-60	6206,080	49427,700
80	37268,292	24%	9063,649	28204,644	545,205	8395,610	247,585	363,717	576,663	9,399	34,589	12,248	39%	-58	-72	3555,704	33303,867
81	56482,304	25%	14018,908	42463,396	544,953	10903,370	246,177	397,621	580,156	9,282	34,560	12,224	45%	-51	-60	6327,601	48931,950
82	56007,500	27%	14976,406	41031,095	540,204	12241,023	245,749	396,301	575,934	9,163	34,411	12,282	44%	-64	-83	6572,929	48332,295
83	56035,140	27%	15269,576	40765,564	539,244	11463,928	249,676	400,298	574,425	9,052	34,309	12,120	43%	-59	-74	6545,819	48446,710
84	56110,425	26%	14863,652	41246,773	538,922	11329,178	251,569	397,906	574,181	9,090	34,328	12,185	41%	-62	-80	6136,429	48776,777
85	55048,337	24%	13145,543	41902,794	541,563	9864,119	258,208	392,636	574,655	9,639	33,944	12,527	41%	-61	-78	5426,889	49308,713
86	56697,294	25%	14265,039	42432,255	542,937	10329,141	246,780	397,194	577,219	9,200	34,512	12,174	45%	-56	-69	6471,796	49714,342
87	56801,791	28%	15688,655	41113,136	540,251	12003,156	249,760	395,139	575,731	9,200	34,466	12,318	43%	-56	-69	6796,283	48644,025
88	51899,383	24%	12331,293	39568,089	542,057	9908,329	250,557	398,503	577,389	9,197	34,399	12,097	49%	-50	-58	5996,037	44853,798
89	56276,418	26%	14378,625	41897,793	541,267	10626,290	247,682	394,409	575,681	9,199	34,529	12,236	43%	-57	-71	6134,703	48993,732
90	56506,846	25%	14047,602	42459,244	542,892	9822,961	247,754	399,492	576,913	9,200	34,435	12,105	43%	-48	-54	5972,603	48934,108
91	53049,172	25%	13501,014	39548,158	542,566	10531,874	247,506	394,886	577,042	9,200	34,368	12,173	46%	-52	-62	6202,832	46443,269
92	54287,525	23%	12746,711	41540,814	544,175	9341,867	246,962	397,891	577,677	9,212	34,340	12,150	44%	-53	-63	5621,127	48174,034
93	55657,150	11%	6216,904	49440,246	547,524	8611,796	248,102	395,618	580,263	9,200	34,451	12,094	85%	-58	-72	5278,423	50567,446
94	56268,630	27%	14933,694	41334,936	541,594	12123,843	249,441	396,200	577,395	9,200	34,518	12,352	48%	-57	-71	7163,597	49173,659
95	56279,552	27%	15071,664	41207,888	540,991	11100,589	247,005	398,701	575,330	9,200	34,472	12,159	46%	-52	-62	6999,218	49237,518
96	56318,193	21%	11612,811	44705,381	546,868	8925,716	245,701	393,822	579,030	9,200	34,385	12,041	43%	-54	-65	5008,120	51301,883
97	56302,264	24%	13698,341	42603,923	544,211	9876,578	246,486	400,044	578,059	9,199	34,335	12,131	45%	-51	-60	6103,644	50038,066

98	56090,769	28%	15862,470	40228,300	538,459	11894,775	248,808	398,434	573,381	9,200	34,300	12,244	44%	-51	-60	6992,689	48652,161
99	56064,056	22%	12294,848	43769,209	542,161	8923,850	252,406	398,554	575,150	9,200	34,358	12,056	47%	-51	-60	5804,234	49847,692
100	56104,139	23%	12679,535	43424,603	542,305	12679,535	252,462	398,004	575,696	9,200	34,400	12,077	47%	-53	-60	5966,440	49549,628
101	56099,236	23%	12700,867	43398,369	544,806	9024,642	252,883	397,876	578,080	9,200	34,480	12,055	48%	-55	-67	6054,683	49470,583
102	56513,080	22%	12489,391	44023,689	546,391	8203,467	252,245	399,125	578,833	9,200	34,418	11,978	46%	-51	-60	5760,502	50280,115
103	56536,095	21%	11861,273	44674,822	546,974	8211,217	251,965	396,874	579,508	9,200	34,347	11,916	47%	-51	-60	5623,490	50453,374
104	55925,081	22%	12253,185	43671,896	545,838	9008,220	249,082	395,725	579,101	9,200	34,365	12,008	49%	-52	-62	6005,187	49632,220
105	56470,269	24%	13682,746	42787,523	543,366	9692,064	249,311	398,771	576,427	9,200	34,412	12,059	46%	-55	-67	6299,369	50019,964
106	50154,074	26%	13135,352	37018,722	542,807	13135,352	252,284	395,794	577,533	9,199	34,331	12,068	44%	-59	-74	5816,451	44245,687
107	44991,520	23%	10478,525	34512,995	546,077	7829,423	247,793	398,883	581,112	9,301	34,392	12,071	46%	-55	-67	4871,014	39949,292
108	49841,775	23%	11628,086	38213,689	548,117	8717,727	247,932	400,826	581,147	8,930	33,966	11,742	45%	-53	-63	5259,549	44424,307
109	51147,167	23%	11855,913	39291,253	545,811	8200,892	248,939	401,791	579,395	9,220	34,373	12,035	42%	-47	-53	5000,860	45351,610
110	51065,494	24%	12276,145	38789,349	544,527	8296,527	245,032	396,344	577,700	9,289	34,338	12,055	40%	-52	-62	4935,847	45924,635
111	51017,296	22%	11351,348	39665,947	545,621	8327,434	247,382	402,395	580,339	9,444	34,618	12,233	51%	-51	-60	5738,258	45124,588
112	51047,707	23%	11970,687	39077,020	541,386	8448,689	250,462	407,466	576,366	9,499	34,563	12,267	56%	-52	-62	6643,761	44435,103
113	51478,403	25%	12787,235	38691,167	543,036	9577,206	252,631	398,450	579,280	9,496	34,731	12,416	52%	-57	-71	6590,990	44996,793
114	56187,466	23%	13063,586	43123,880	544,585	10005,607	249,242	401,208	580,320	9,157	34,430	12,118	53%	-50	-58	6953,669	49243,800
115	56199,685	17%	9525,847	46673,839	549,329	9525,847	273,086	398,436	579,692	9,045	34,026	12,049	40%	-51	-60	6384,944	52192,174
116	56153,656	23%	13083,802	43069,854	540,858	8147,228	250,641	406,018	574,067	9,498	34,696	12,294	49%	-43	-45	6391,568	49367,683
117	56154,816	25%	13836,547	42318,269	539,631	8647,196	252,616	396,244	572,942	9,466	34,637	12,267	44%	-49	-56	6145,360	49637,650
118	58216,778	27%	15602,096	42614,681	536,608	9212,630	249,040	398,338	570,012	9,499	34,756	12,385	45%	-50	-58	6985,319	50665,480
119	60022,021	26%	15443,666	44578,355	536,962	9899,542	245,883	395,152	569,829	9,421	34,706	12,342	46%	-45	-49	7063,275	52562,609
120	60048,676	23%	13811,195	46237,480	540,471	9162,599	246,741	390,937	572,589	9,498	34,739	12,384	43%	-53	-63	5931,751	53757,912
121	60023,270	23%	13685,305	46337,964	544,851	9048,774	246,317	390,467	577,642	9,500	34,756	12,398	40%	-54	-65	5489,011	54249,935
122	54081,083	23%	12514,363	41566,720	544,335	8295,245	248,845	395,868	578,346	9,499	34,669	12,332	43%	-45	-49	5345,047	48284,326
123	56672,661	24%	13731,786	42940,875	543,572	9452,922	246,337	397,225	577,297	9,292	34,442	12,183	41%	-47	-53	5672,366	50498,965
124	60077,143	30%	18161,320	41915,822	536,000	12596,037	248,383	396,781	570,107	9,498	34,738	12,649	41%	-54	-65	7389,571	52192,806
125	60099,012	25%	14850,466	45248,546	536,287	8512,871	260,606	400,941	566,313	9,497	34,667	12,305	40%	-47	-53	5882,021	53569,706
126	60089,238	25%	14757,917	45331,321	537,493	9116,985	248,048	396,071	567,590	9,381	34,608	12,186	41%	-54	-65	5986,294	53531,847
127	60123,920	24%	14279,431	45844,489	539,117	8580,712	246,864	392,054	568,959	9,300	34,499	12,124	35%	-55	-67	5034,134	54343,160
128	60043,105	24%	14368,315	45674,790	546,617	10710,177	245,092	390,216	580,832	9,340	34,632	12,327	41%	-54	-65	5872,032	53375,363
129	57293,042	26%	14741,500	42551,542	541,371	12193,011	251,053	394,407	575,391	8,899	33,284	11,956	46%	-55	-67	6786,044	50058,809
130	59977,057	26%	15773,966	44203,091	539,427	12696,038	242,509	393,329	574,070	9,240	34,566	12,388	46%	-55	-67	7202,552	51844,903
131	59516,882	25%	14843,510	44673,372	539,033	11171,943	244,985	393,734	572,340	9,203	34,473	12,293	44%	-54	-65	6604,455	51861,968
132	60707,003	25%	14952,135	45754,868	540,136	10547,736	243,622	394,309	573,034	9,216	34,487	12,267	42%	-54	-65	6286,609	53082,881
133	45243,534	23%	10573,414	34670,120	539,378	10055,254	245,457	364,326	575,032	9,265	34,486	12,488	40%	-51	-60	4232,083	40352,890
134	60387,744	31%	18804,743	41583,000	542,249	8504,874	244,295	399,432	572,324	9,499	34,710	12,320	29%	-50	-58	5385,685	54622,832
135	59504,886	20%	12138,997	47365,889	542,773	9193,264	242,766	400,587	575,709	9,421	34,716	12,301	51%	-52	-62	6162,842	52589,055
136	60399,189	24%	14278,368	46120,821	544,613	8745,468	239,620	397,669	576,848	9,387	34,664	12,227	39%	-54	-54	5547,672	54585,155
137	60396,816	24%	14301,966	46094,850	543,921	8421,374	241,116	396,129	576,758	9,289	34,569	12,161	38%	-50	-58	5422,696	54459,504
138	60455,660	21%	12840,782	47614,877	546,227	7822,655	241,390	391,930	577,906	9,418	34,659	12,247	33%	-52	-62	4281,438	55391,256
139	56451,893	20%	11166,185	45285,709	542,613	9015,251	244,179	387,759	575,340	9,372	34,527	12,332	37%	-58	-72	4142,651	51436,635
140	56310,007	25%	14122,550	42187,457	538,242	9081,859	239,826	396,407	570,020	9,499	34,652	12,381	34%	-47	-53	4802,740	50767,173
141	56316,063	20%	11206,897	45109,167	542,861	7042,863	248,041	394,101	572,286	9,460	27,766	12,164	24%	-52	-62	2661,083	52387,305
142	60709,789	22%	13289,373	47420,416	543,339	8927,173	241,084	396,929	575,489	9,496	34,682	12,414	39%	-52	-62	5229,809	54716,803
143	60647,044	30%	18394,248	42252,795	540,578	10593,017	257,593	399,359	574,849	9,497	34,762	12,508	36%	-48	-54	6677,104	53265,900
144	60471,850	23%	14186,696	46285,154	539,788	9913,199	248,877	392,219	572,924	9,484	34,813	12,421	44%	-47	-53	6183,620	53786,650
145	60153,145	24%	14394,648	45758,498	541,546	10696,732	245,658	393,632	576,113	9,488	34,866	12,491	45%	-51	-60	6514,067	52814,793
146	60625,436	28%	16841,746	43783,690	538,794	11149,522	246,272	393,178	572,496	9,434	34,677	12,473	38%	-52	-62	6345,389	53466,235
147	55791,607	21%	11532,125	44259,482	541,749	9609,710	247,850	400,641	574,509	9,461	34,614	12,393	43%	-51	-60	4941,792	49668,351
148	57138,461	25%	14181,766	42956,695	540,933	10299,954	246,895	398,021	573,819	9,489	34,703	12,478	42%	-50	-58	5946,431	50794,446
149	57126,894	25%	14018,368	43108,525	540,501	9752,665	247,787	400,529	573,576	9,491	34,708	12,410	45%	-47	-53	6331,128	50530,194
150	56328,656	28%	15891,441	40437,216	539,323	9896,731	251,887	398,126	571,674	9,482	34,650	12,414	36%	-49	-56	5684,169	50192,058
151	40128,125	11%	4511,204	35616,921	550,701	5008,440	288,263	384,920	581,561	9,000	30,448	11,368	41%	-60	-76	1858,926	37435,560

152	40784,299	20%	8315,103	32469,196	558,948	6077,705	272,741	392,116	593,574	9,000	33,983	11,573	34%	-54	-65	2793,088	37231,982
153	40651,404	20%	8213,616	32437,788	553,845	7247,392	261,008	392,928	591,215	9,000	33,990	11,682	41%	-66	-87	3332,687	36591,435
154	40641,050	19%	7757,970	32883,080	552,943	7757,970	255,028	393,163	592,655	9,001	33,974	11,706	46%	-60	-76	3584,162	36100,905
155	44159,846	21%	9261,645	34898,202	549,068	9647,062	243,664	396,261	589,848	9,215	34,396	12,044	57%	-54	-65	5259,144	37769,766
156	51684,759	25%	12904,651	38780,108	542,908	9088,573	247,782	397,564	578,283	9,215	34,413	12,025	47%	-48	-54	6011,919	45542,901
157	52020,695	22%	11519,983	40500,712	543,241	8990,562	246,995	396,050	579,210	9,000	34,332	11,894	54%	-48	-54	6206,703	45327,378
158	53653,633	22%	11638,010	42015,623	543,143	9247,300	247,804	398,439	578,809	9,000	34,356	11,858	56%	-51	-60	6474,790	46636,476
159	50536,507	25%	12838,294	37698,213	543,379	9188,748	251,629	399,570	578,075	9,068	34,400	11,940	46%	-49	-56	5861,682	44257,189
160	38393,768	27%	10373,612	28020,156	527,015	7613,421	264,776	398,645	569,429	7,779	28,328	10,195	47%	-49	-56	4861,911	33370,832
161	52862,563	29%	15127,680	37734,884	538,305	10789,744	248,387	392,230	574,654	9,075	34,268	11,785	45%	-52	-62	6817,390	45594,443
162	60296,666	27%	16187,846	44108,820	538,716	10830,061	245,508	398,083	572,070	9,008	34,413	11,820	46%	-46	-51	7516,797	52398,799
163	57872,209	25%	14340,733	43531,476	542,020	10139,458	247,992	393,052	574,643	9,002	34,390	11,803	42%	-63	-60	6070,686	51623,594
164	60155,737	15%	8864,549	51291,187	547,600	8380,720	241,645	399,708	578,522	9,001	34,456	11,746	51%	-53	-63	4562,360	54926,494
165	52248,338	15%	7755,221	44493,117	550,296	7626,160	248,552	398,774	581,593	9,000	34,389	11,681	50%	-54	-65	3867,124	47927,512
166	57044,072	23%	13176,610	43867,462	539,400	9891,110	242,408	398,831	572,263	9,089	34,426	11,881	45%	-54	-59	5925,495	50850,836
167	52982,668	29%	15301,924	37680,743	537,492	10206,582	248,575	400,239	570,978	9,464	34,732	12,265	35%	-51	-60	5399,773	46967,191
168	48395,028	30%	14428,010	33967,018	533,993	10413,129	259,148	393,985	570,207	9,500	34,666	12,320	42%	-56	-69	6055,572	42222,819
169	56626,186	20%	11579,489	45046,697	543,809	10480,600	243,104	390,468	576,295	9,443	34,826	12,262	53%	-50	-58	6099,103	51237,119
170	56128,173	21%	12026,022	44102,151	541,236	10484,444	236,220	397,091	574,144	9,365	34,817	12,176	55%	-50	-58	6645,682	49737,773
171	56143,850	25%	14077,509	42066,341	539,430	11831,281	237,426	399,532	573,218	9,367	34,726	12,240	51%	-49	-56	7204,396	48939,317
172	52408,969	26%	13776,746	38632,223	535,293	11920,950	240,257	398,187	569,681	9,456	34,633	12,294	50%	-51	-60	6875,452	44846,281
173	55874,906	29%	16322,178	39552,729	533,685	12122,974	241,741	398,615	566,773	9,446	34,698	12,363	45%	-53	-63	7323,488	48268,979
174	55819,789	27%	15194,705	40625,084	541,634	10699,204	237,185	394,040	573,977	9,448	34,825	12,249	40%	-48	-54	6139,820	50124,122
175	52614,188	19%	10029,317	42584,872	542,237	10091,575	239,685	395,813	576,019	9,402	34,755	12,211	58%	-53	-63	5859,731	47373,026
176	54363,943	21%	11552,882	42811,062	543,802	10601,112	139,470	395,924	577,733	9,460	34,759	12,250	53%	-49	-56	6099,940	48804,403
177	54385,641	24%	12808,362	41577,279	540,227	11089,779	148,529	394,991	575,162	9,431	34,769	12,227	55%	-49	-56	6992,518	47721,818
178	54381,477	27%	14626,986	39754,491	544,730	10099,630	242,608	395,826	580,082	9,457	34,722	12,190	42%	-53	-63	6163,428	48288,890
179	54388,934	22%	12085,765	42303,169	543,985	10639,695	243,851	397,837	579,980	9,459	34,777	12,244	52%	-52	-62	6283,085	48040,827
180	52314,085	25%	13037,193	39276,892	544,999	10244,026	241,985	396,283	580,574	9,456	34,758	12,191	43%	-52	-62	5597,398	46575,681
181	52486,270	27%	14035,353	38450,916	537,856	12065,446	243,973	399,087	572,601	9,498	34,734	12,360	55%	-49	-56	7667,521	44586,191
182	52649,027	27%	14034,651	38614,376	542,822	10992,493	243,821	396,094	578,102	9,151	34,435	11,936	47%	-52	-62	6531,904	45710,992
183	54717,827	29%	15620,845	39096,982	539,358	12504,121	238,636	397,468	574,487	9,277	34,612	12,232	47%	-50	-58	7396,246	47326,033
184	51396,985	31%	15808,685	35588,301	540,724	10561,510	242,728	400,670	573,314	9,200	34,352	11,951	40%	-50	-58	6340,680	44886,290
185	46415,219	29%	13304,458	33110,761	539,778	11067,794	247,535	397,624	573,536	9,125	34,358	11,975	44%	-51	-60	5869,445	40546,010
186	46404,911	29%	13421,228	32983,683	539,128	11162,516	249,405	398,172	573,172	9,162	34,296	11,977	44%	-56	-69	5931,908	40348,486
187	55265,598	24%	13034,944	42230,654	544,064	10131,724	234,596	389,994	577,123	9,103	34,454	11,849	40%	-54	-65	5192,746	49768,053
188	52364,940	29%	15086,339	37278,601	542,763	10045,450	238,419	391,095	576,680	9,023	34,378	11,811	35%	-48	-54	5223,638	46761,637
189	52104,969	27%	13991,226	38113,743	541,480	10222,484	231,901	394,369	575,380	9,000	34,390	11,760	46%	-48	-54	6496,006	45804,825
190	53447,390	24%	12970,613	40476,778	541,792	11413,507	235,654	385,325	575,395	9,113	33,764	12,015	43%	-52	-62	5598,771	47399,506
191	51443,168	24%	12456,963	38986,205	543,368	10212,241	244,804	397,157	578,491	9,182	34,432	11,948	46%	-52	-62	5729,291	45556,690
192	54507,764	27%	14955,295	39552,469	541,138	11796,316	235,945	398,921	575,946	9,149	34,473	12,033	46%	-48	-54	6940,006	47362,180
193	55506,545	25%	13807,808	41698,737	543,914	10636,737	246,551	396,327	576,245	9,003	34,354	11,866	40%	-48	-54	5526,973	49504,554
194	53732,769	23%	12483,197	41249,572	541,903	10900,365	243,756	395,311	575,854	9,022	34,433	11,963	46%	-52	-62	5705,056	47462,752
195	53493,537	23%	12245,741	41247,797	542,890	11242,680	247,679	392,911	576,199	9,000	34,270	11,832	45%	-48	-54	5520,658	47855,879
196	53480,879	25%	13369,150	40111,729	540,274	11648,720	249,466	391,914	576,970	9,096	34,415	12,110	47%	-55	-67	6309,342	47117,555
197	50610,877	24%	11975,039	38635,837	542,053	11903,109	245,487	399,170	578,107	9,079	34,437	12,002	59%	-52	-62	7082,700	43419,746
198	53454,670	27%	14587,779	38866,890	541,740	12214,286	240,055	398,805	578,563	9,146	34,552	12,108	48%	-52	-62	7033,774	46118,594
199	46591,419	27%	12578,751	34012,668	539,869	11669,516	246,421	376,764	572,888	9,142	34,452	12,169	37%	-51	-60	4641,300	41439,949
200	51434,717	22%	11541,951	39892,767	545,114	8782,458	250,340	393,853	578,716	9,020	34,271	11,751	35%	-54	-65	4009,780	46426,328
201	51451,832	22%	11128,002	40323,830	543,435	9488,096	249,028	398,844	578,750	9,001	34,286	11,741	46%	-52	-62	5075,874	45499,453
202	46750,330	25%	11661,870	35088,460	539,691	10390,880	257,228	398,247	577,786	9,001	34,251	11,843	56%	-59	-74	6526,032	40297,620
203	48476,588	26%	12585,492	35891,096	539,301	10493,720	249,027	401,526	577,943	9,087	34,279	11,857	56%	-54	-65	7079,897	41541,058
204	48641,338	29%	14225,159	34416,179	536,685	12114,496	243,600	400,629	577,824	9,120	34,444	11,996	58%	-51	-60	8219,585	40455,955
205	45152,730	23%	10533,229	34619,501	544,548	8619,067	255,969	401,878	579,692	9,085	34,399	11,799	47%	-54	-65	4949,276	39827,050

206	43640,456	24%	10459,745	33180,712	546,656	7666,241	264,259	404,594	581,277	9,002	34,088	11,630	40%	-62	-80	4147,446	39127,205
207	44110,513	25%	11214,216	32896,297	544,070	8502,182	262,771	409,164	581,792	9,000	34,262	11,636	54%	-56	-69	6003,257	38100,752
208	49080,935	22%	11038,793	38042,142	545,483	8389,582	250,259	407,297	581,230	9,000	34,342	11,685	53%	-46	-51	5903,251	43022,948
209	51319,375	24%	12356,166	38963,209	544,305	9199,130	240,598	400,799	579,035	9,063	34,425	11,744	49%	-52	-62	6107,705	44982,790
210	55105,477	25%	13871,151	41234,327	546,035	10981,690	233,683	399,343	580,237	9,012	34,572	11,867	47%	-49	-56	6503,260	48299,358
211	54965,127	24%	12996,504	41968,623	544,386	11690,270	247,921	398,254	579,073	9,028	34,467	12,026	45%	-52	-62	5904,419	48765,291
212	55437,613	24%	13357,138	42080,474	545,195	12307,627	246,917	401,928	580,156	9,158	34,657	12,147	51%	-56	-69	6871,963	48218,966
213	55373,139	26%	14501,118	40872,021	543,034	12309,778	257,912	397,813	578,987	9,307	34,786	12,433	44%	-59	-74	6440,452	48028,380
214	55594,412	20%	11142,788	44451,624	548,186	9746,719	253,793	398,603	580,878	9,002	34,494	11,918	44%	-58	-72	4865,448	50554,911
215	55112,910	27%	15091,568	40021,342	541,529	12015,764	254,243	398,993	576,566	9,001	34,465	11,985	46%	-54	-65	6943,280	47876,626
216	55156,460	24%	13473,620	41682,840	539,919	13019,553	243,730	402,115	576,752	9,035	34,562	12,006	61%	-50	-58	8256,642	46764,311
217	50391,921	29%	14766,848	35625,072	538,025	11760,167	263,248	402,882	577,511	9,089	34,479	11,961	53%	-52	-62	7858,351	42202,716
218	50051,602	23%	11514,371	38537,231	543,304	10206,340	250,605	402,971	580,533	9,011	34,448	11,795	55%	-48	-54	6357,241	43211,215
219	47626,676	23%	11041,768	36584,907	545,142	9406,363	252,453	401,531	581,853	9,002	34,292	11,729	41%	-51	-60	4491,431	41880,991
220	54430,759	24%	12921,318	41509,441	543,215	10984,919	246,273	400,568	579,207	9,013	34,442	11,727	51%	-56	-66	6571,636	47099,395
221	48375,428	26%	12366,694	36008,733	541,323	11581,888	254,827	401,097	580,516	9,001	34,417	11,842	51%	-52	-62	6360,939	40849,492
222	54032,879	27%	14413,811	39619,069	539,873	12537,386	249,258	401,897	577,959	9,044	34,583	12,001	52%	-50	-58	7425,922	45298,549
223	55200,071	22%	12087,160	43112,912	539,318	10038,979	253,948	402,671	571,499	8,999	34,423	11,689	49%	-47	-53	5936,699	48400,893
224	54901,815	32%	17756,894	37144,921	542,279	12039,545	252,066	398,588	578,257	9,001	34,514	11,922	40%	-50	-58	7184,562	47688,236
225	54951,216	26%	14358,203	40593,013	538,261	12675,888	252,678	401,796	575,376	9,079	34,574	12,045	55%	-50	-58	7873,656	46825,865
226	54392,993	24%	12834,027	41558,966	543,411	11533,505	249,556	398,574	578,610	9,000	34,542	11,838	53%	-50	-63	6862,502	47826,653
227	47445,212	24%	11585,646	35859,565	542,869	10717,504	255,195	400,254	580,590	9,000	34,394	11,790	54%	-53	-63	6200,970	41323,133
228	47303,072	23%	10935,524	36367,548	546,071	8959,781	260,119	400,023	581,078	9,000	34,265	11,636	43%	-54	-65	4745,266	42468,642
229	41378,254	17%	7194,437	34183,817	547,184	7821,536	260,760	399,027	582,591	9,000	34,255	11,596	51%	-54	-65	3642,317	37100,001
230	40476,381	22%	9047,685	31428,695	543,824	8933,675	256,413	400,451	581,110	8,999	34,217	11,633	53%	-52	-62	4781,873	35235,744
231	40571,326	24%	9919,284	30652,043	544,944	8312,516	256,085	400,003	581,713	9,000	34,157	11,587	39%	-53	-63	3890,841	35731,799
232	40823,951	23%	9502,999	31320,951	543,207	9086,099	262,304	399,494	581,874	9,001	34,086	11,619	57%	-55	-67	5420,285	35398,318
233	54745,034	21%	11374,376	43370,659	547,665	8790,251	251,756	398,666	580,571	8,999	34,234	11,684	44%	-58	-72	4956,161	50262,923
234	55094,892	23%	12709,290	42385,603	542,929	11023,634	250,516	393,962	578,516	9,069	34,440	11,963	48%	-54	-65	6152,125	49123,472
235	54489,573	21%	11302,772	43186,801	543,359	11574,842	249,089	397,946	579,722	9,002	34,469	11,935	61%	-55	-67	6890,932	48196,479
236	53647,928	22%	11626,042	42021,885	543,818	11151,374	246,923	387,925	579,264	9,018	33,986	12,179	51%	-57	-71	5987,305	48385,252
237	56172,629	23%	12687,150	43485,479	542,313	11832,855	248,942	399,209	579,703	9,005	34,458	11,927	56%	-50	-58	7064,153	49541,554
238	58915,571	22%	13019,752	45895,819	542,244	12947,212	243,375	401,370	581,270	9,112	34,622	12,092	62%	-46	-51	8010,642	51039,392
239	56853,236	27%	15141,722	41711,513	540,712	10978,764	248,042	394,518	578,186	8,999	34,468	11,838	45%	-52	-62	6771,415	50010,444
240	47653,874	24%	11565,595	36088,279	530,245	8944,048	256,865	380,902	564,460	9,002	32,454	11,693	43%	-54	-65	4969,406	42224,862
241	57205,520	25%	14459,267	42746,253	536,302	11454,152	249,294	395,923	573,789	8,999	34,097	11,515	54%	-58	-72	7802,547	49129,734
242	58504,517	21%	12383,066	46121,451	543,933	9142,967	242,639	395,483	578,098	9,003	34,362	11,470	45%	-50	-58	5513,576	52632,738
243	49834,339	22%	11122,526	38711,813	543,803	9152,639	243,978	396,487	581,196	8,998	34,442	11,587	48%	-47	-53	5331,977	43776,693
244	34332,838	19%	6374,235	27958,603	547,331	7126,364	237,748	397,311	584,494	9,001	34,304	11,255	52%	-49	-56	3330,055	30163,787
245	38287,179	20%	7747,028	30540,151	546,222	7203,882	251,911	393,355	583,677	9,001	34,289	11,392	37%	-57	-71	2860,865	34118,235
246	54509,374	21%	11555,442	42953,932	541,798	9835,087	232,769	403,626	577,559	9,001	34,354	11,500	53%	-48	-54	6094,982	47886,350
247	47806,382	22%	10414,620	37391,762	543,653	9676,044	243,010	400,809	579,367	8,999	34,287	11,538	44%	-50	-58	4581,164	42270,225
248	40718,540	20%	8036,211	32682,329	547,104	9409,302	243,913	400,654	581,264	9,000	34,278	11,499	47%	-54	-65	3749,613	35729,646
249	45486,195	22%	10142,057	35344,138	546,587	9196,770	246,423	404,104	582,494	9,001	34,253	11,431	40%	-51	-60	4078,762	39730,750
250	45491,535	20%	9270,265	36221,270	547,260	9171,482	245,852	405,419	582,615	9,000	34,199	11,407	40%	-50	-58	3751,658	39732,574
251	45365,712	18%	8321,886	37043,825	549,294	8406,278	245,650	408,885	583,469	8,999	34,215	11,314	44%	-44	-47	3657,494	40241,648
252	45351,466	22%	9756,914	35594,551	546,916	8834,778	243,646	403,208	582,706	9,002	34,352	11,503	58%	-52	-62	5674,612	39752,749
253	45494,437	24%	10853,153	34641,284	547,203	9074,617	242,780	402,156	583,144	9,000	34,258	11,387	52%	-49	-56	5615,967	39753,144
254	48391,841	20%	9867,580	38524,261	546,766	9242,857	245,983	403,683	582,470	8,999	34,324	11,484	60%	-50	-58	5918,093	42635,920
255	48531,825	21%	10396,002	38135,822	545,777	9946,811	245,781	403,460	581,953	9,000	34,232	11,484	59%	-49	-56	6171,744	42278,221
256	46758,328	21%	9589,198	37169,130	546,221	10090,872	247,084	404,228	582,355	8,999	34,250	11,501	63%	-50	-58	6015,442	40828,937
257	42304,184	20%	8512,871	33791,313	546,675	8260,181	249,582	407,746	583,839	9,004	34,277	11,484	58%	-52	-62	4912,838	37153,735
258	42463,018	21%	8958,848	33504,171	544,122	8194,821	249,285	408,213	582,018	9,000	34,120	11,334	54%	-53	-63	4827,270	37144,446
259	42308,693	21%	8837,440	33471,253	544,471	8007,033	244,939	408,030	582,604	9,001	34,136	11,322	54%	-48	-54	4729,761	37127,265

260	42329,677	22%	9428,089	32901,588	543,596	8499,050	246,902	407,555	581,920	9,001	34,108	11,349	55%	-48	-54	5176,971	36755,829
261	42482,780	20%	8643,546	33839,234	542,451	8733,369	250,891	407,391	581,757	9,001	34,048	11,352	66%	-49	-56	5738,189	36287,001
262	42340,727	22%	9503,800	32836,927	540,435	9348,493	249,028	400,333	580,508	9,009	34,046	11,428	64%	-50	-58	6038,963	36232,292
263	46738,384	23%	10843,772	35894,611	538,779	10493,974	245,967	399,976	578,983	9,008	34,122	11,504	66%	-49	-56	7124,526	39555,223
264	49556,565	28%	13965,535	35591,029	539,745	11702,762	248,398	399,155	578,257	9,011	34,135	11,634	52%	-50	-58	7307,310	41780,345
265	51002,627	24%	12196,768	38805,859	540,541	11932,993	246,113	399,152	577,991	9,012	34,155	11,643	58%	-48	-54	6213,482	43624,028
266	51147,144	23%	11765,378	39381,767	542,859	11000,184	245,934	400,709	578,245	9,009	34,111	11,545	55%	-52	-62	6462,669	44589,623
267	52476,525	21%	11078,319	41398,206	544,918	10510,105	248,723	405,973	579,121	9,000	34,082	11,450	59%	-48	-54	6497,581	45839,768
268	52576,639	27%	14158,363	38418,276	542,421	12631,293	239,411	403,867	578,442	9,367	34,522	12,008	53%	-50	-58	7448,648	45004,494
269	52466,199	22%	11612,869	40853,331	544,126	10970,213	246,507	402,820	579,339	9,499	34,649	11,986	56%	-49	-56	6451,419	45862,984
270	52480,123	29%	15212,413	37267,710	541,554	13157,677	240,794	403,386	578,568	9,470	34,609	12,134	47%	-51	-60	7215,561	45107,316
271	52494,354	22%	11303,084	41191,270	541,462	11596,590	245,619	404,508	577,333	9,469	34,535	11,992	59%	-47	-53	6678,477	45421,810
272	54627,526	23%	12680,688	41946,838	545,301	10804,112	243,300	401,172	579,624	9,366	34,558	11,785	53%	-49	-56	6744,302	48311,817
273	56708,774	22%	12373,287	44335,487	542,768	11724,725	247,833	402,451	576,676	9,100	34,344	11,742	59%	-48	-54	7297,880	50008,004
274	44910,709	22%	10046,975	34863,734	542,809	10001,423	249,611	401,462	579,749	8,999	34,372	11,372	62%	-50	-58	6212,042	39060,684
275	41455,070	22%	9286,765	32168,305	543,895	9463,663	248,599	402,458	582,786	9,024	34,065	11,364	62%	-50	-58	5773,602	35805,470
276	56969,485	23%	13096,715	43872,770	542,095	11173,348	247,724	402,682	578,423	9,033	34,243	11,565	53%	-47	-53	6995,584	50224,340
277	51213,978	29%	15090,198	36123,779	542,502	10761,258	249,521	396,475	578,996	9,089	34,203	11,583	40%	-53	-63	5965,456	45378,657
278	50673,006	24%	12133,145	38539,861	542,162	10900,164	248,202	403,494	579,350	9,139	34,286	11,600	55%	-50	-58	6695,259	44031,627
279	50713,646	22%	11388,763	39324,882	544,888	9966,880	242,274	399,724	579,285	9,134	34,070	11,569	43%	-63	-81	4911,471	45420,246
280	50836,350	25%	12704,004	38132,346	542,740	10955,135	240,339	402,667	579,194	9,135	34,228	11,647	47%	-57	-71	5997,478	44327,797
281	53054,871	20%	10656,071	42398,800	545,873	10182,584	241,556	403,833	579,752	9,135	34,271	11,561	51%	-52	-62	5397,032	47296,823
282	55664,764	19%	10313,011	45351,753	545,975	9826,331	246,169	406,210	580,155	9,018	34,177	11,451	49%	-49	-56	5023,627	49971,901
283	55689,991	20%	11364,657	44325,335	546,123	10130,408	242,206	403,418	580,498	9,000	34,224	11,423	48%	-56	-49	5460,101	50104,969
284	55658,082	18%	10117,526	45540,556	547,400	10178,226	245,882	407,910	580,795	8,999	34,204	11,404	62%	-47	-53	6292,662	49742,071
285	58727,084	21%	12212,297	46514,787	544,196	12691,154	234,081	407,569	579,024	9,016	34,337	11,608	63%	-46	-51	7687,059	51234,599
286	58832,925	26%	15124,768	43708,157	543,481	11569,950	238,672	405,826	576,757	9,000	34,242	11,500	46%	-48	-54	6905,645	51744,878
287	58699,774	23%	13707,571	44992,203	542,828	12403,110	239,900	404,790	576,570	9,001	34,256	11,568	53%	-47	-53	7211,029	51494,993
288	58729,125	26%	15018,799	43710,326	543,257	11798,934	245,689	408,590	577,104	9,061	34,266	11,593	48%	-44	-47	7235,088	51467,420
289	58834,778	22%	13011,899	45822,878	547,376	10166,594	240,261	402,545	578,887	9,000	34,178	11,404	36%	-42	-44	4677,691	53433,197
290	47663,717	19%	9270,593	38393,124	536,117	8101,871	261,875	396,448	572,659	8,893	33,394	11,108	40%	-44	-47	3698,493	43371,437
291	53173,553	24%	12511,737	40661,816	541,847	8568,614	249,981	401,627	572,554	9,000	34,064	11,256	37%	-54	-65	4635,489	48269,635
292	53156,352	24%	12608,687	40547,665	543,359	9845,334	250,385	403,495	576,720	9,001	34,142	11,362	51%	-52	-62	6403,962	47415,574
293	55814,396	25%	13814,063	42000,333	543,109	11492,535	248,154	405,997	577,884	8,999	34,215	11,506	53%	-52	-62	7389,430	49001,579
294	55931,077	23%	12813,810	43117,267	546,951	9624,102	249,161	404,343	579,177	9,001	34,167	11,347	44%	-48	-54	5672,397	50533,400
295	50474,809	24%	11871,675	38603,134	546,056	10146,157	247,062	402,195	581,456	9,001	34,171	11,396	49%	-51	-60	5841,529	45007,284
296	50682,492	27%	13557,567	37124,925	536,312	10267,463	250,971	403,614	570,602	9,013	34,056	11,401	50%	-48	-54	6816,261	43967,890
297	51527,291	23%	11964,637	39562,654	545,141	9431,556	249,231	400,136	578,515	9,002	34,067	11,349	45%	-50	-58	5344,553	46330,068
298	50497,952	23%	11442,836	39055,116	551,718	7880,308	248,482	402,715	583,391	9,006	34,033	11,198	35%	-48	-54	4011,253	46767,861
299	50706,863	19%	9685,011	41021,852	548,569	8540,908	241,749	398,847	582,017	8,999	34,082	11,278	46%	-51	-60	4437,024	46208,420
300	55692,218	25%	13672,439	42019,778	545,193	10552,851	251,932	395,165	578,931	9,000	34,082	11,520	37%	-56	-69	5071,483	50820,612
301	55694,684	20%	11367,285	44327,399	549,945	12079,992	248,839	404,803	586,548	9,011	34,204	11,660	54%	-52	-62	6193,973	49666,993
302	50921,471	19%	9624,158	41297,313	552,012	10969,348	254,219	407,933	589,387	9,001	34,185	11,547	60%	-47	-53	5782,280	44690,925
303	50803,149	23%	11522,154	39280,995	544,485	9418,360	259,193	410,553	578,928	9,000	34,055	11,368	49%	-47	-53	5674,270	44789,541
304	50806,160	21%	10679,455	40126,705	549,086	10170,177	257,977	410,638	586,315	9,001	34,111	11,440	56%	-47	-53	5978,278	44317,546
305	50808,519	20%	10055,006	40753,513	550,469	10686,360	253,089	407,327	588,369	9,033	34,179	11,533	61%	-49	-56	6134,178	44492,434
306	56737,917	22%	12289,433	44448,484	549,287	11893,155	251,714	406,758	586,123	9,132	34,308	11,753	55%	-48	-54	6707,331	49663,425
307	56747,685	19%	11003,376	45744,309	548,540	11498,561	257,300	406,755	584,952	9,089	34,304	11,775	56%	-52	-62	6139,775	50237,291
308	48774,407	21%	10393,826	38380,581	551,667	10103,790	264,366	409,659	590,318	9,000	34,089	11,458	56%	-46	-51	5856,514	42783,432
309	48709,210	21%	10379,933	38329,277	557,794	8256,621	254,043	409,143	593,885	9,000	34,080	11,282	44%	-46	-51	4572,039	44245,954
310	48697,464	11%	5551,511	43145,953	561,879	7923,786	249,090	398,527	596,948	8,999	34,079	11,300	60%	-53	-63	3353,826	45286,794
311	48702,135	10%	5079,633	43622,502	562,000	8388,173	260,632	400,633	598,828	8,999	34,075	11,357	70%	-52	-62	3557,640	44892,642
312	48710,106	14%	6975,287	41734,819	559,095	9892,026	251,689	399,187	598,611	9,001	34,151	11,489	67%	-52	-62	4648,523	43785,185
313	46744,772	14%	6651,781	40092,991	558,142	10081,103	261,090	401,832	598,869	8,999	34,115	11,550	66%	-55	-67	4393,989	41861,489

314	41995,750	14%	5896,203	36099,546	558,121	8548,012	280,956	406,931	597,858	9,001	34,093	11,541	70%	-58	-72	4150,563	37672,121
315	42502,008	11%	4522,214	37979,794	559,855	8329,940	248,819	403,405	599,768	9,001	34,047	11,348	94%	-50	-58	4262,780	38356,636
316	46111,651	16%	7474,699	38636,952	557,419	10119,927	256,051	400,122	596,879	9,011	34,134	11,508	66%	-60	-76	4947,037	41141,578
317	50631,230	19%	9609,808	41021,423	555,714	11609,738	243,286	402,738	595,814	9,001	34,253	11,616	63%	-54	-65	6098,040	44284,228
318	50517,822	12%	5910,585	44607,237	561,866	8881,982	250,285	407,274	599,694	9,000	34,228	11,399	74%	-46	-51	4397,187	46151,545
319	50503,615	12%	6060,434	44443,181	562,934	9222,922	263,789	397,339	599,175	9,000	34,163	11,464	54%	-55	-67	3284,501	46972,266
320	47812,941	17%	8190,357	39622,584	555,723	11246,973	254,300	407,574	596,344	9,027	34,186	11,649	75%	-54	-65	6108,093	42186,558
321	42334,817	11%	4677,997	37656,820	558,268	7994,278	290,604	409,414	596,439	9,000	33,970	11,375	72%	-53	-63	3377,923	39351,411
322	52244,362	22%	11634,820	40609,543	562,671	11099,255	254,465	403,006	602,448	9,072	34,281	11,706	44%	-55	-67	5146,722	47704,398
323	52527,456	22%	11298,656	41228,800	560,040	11909,132	248,046	405,530	600,616	9,000	34,276	11,667	49%	-50	-58	5558,500	47216,989
324	44758,868	10%	4520,646	40238,223	550,974	7964,837	238,594	393,088	588,893	9,002	34,148	11,214	79%	-46	-51	3589,272	41621,863
325	50843,731	13%	6736,794	44106,937	565,023	10890,366	248,421	406,008	603,872	9,000	34,273	11,581	69%	-51	-60	4672,151	46080,853
326	54654,158	12%	6301,624	48352,533	568,187	10672,486	248,272	407,049	605,077	9,008	34,331	11,575	66%	-49	-56	4130,777	50241,575
327	35615,243	11%	3793,023	31822,219	573,411	9717,908	262,622	410,729	610,225	9,000	34,106	11,546	90%	-52	-62	3395,656	32165,788
328	55521,892	10%	5302,341	50219,551	567,101	11077,844	250,491	407,558	605,957	9,000	34,311	11,641	96%	-49	-56	5101,509	50469,466
329	56599,297	10%	5716,529	50882,768	566,598	10216,216	248,039	407,124	604,373	8,999	34,307	11,535	86%	-47	-53	4916,827	51985,873
330	56586,144	12%	6931,803	49654,341	563,043	11507,349	248,782	408,585	601,746	9,034	34,342	11,678	79%	-46	-51	5475,937	51146,911
331	52763,839	7%	3783,167	48980,671	565,331	9382,818	261,243	406,157	602,276	8,999	34,842	11,451	93%	-50	-58	3513,373	48846,874
332	50700,146	11%	5323,515	45376,631	565,281	10031,825	249,555	404,980	605,400	9,000	34,215	11,504	87%	-46	-51	4632,478	45937,207
333	42058,661	12%	5089,098	36969,563	567,202	10972,236	256,020	407,522	609,923	9,104	34,434	11,904	91%	-50	-58	4650,577	37543,999
334	45487,122	10%	4730,661	40756,461	568,740	10512,806	252,792	410,298	612,396	9,463	34,659	12,122	91%	-50	-58	4293,787	41078,510
335	45476,156	11%	4788,639	40687,517	570,151	10617,411	249,725	410,007	614,133	9,144	34,460	11,789	83%	-52	-62	3967,297	41246,084
336	45476,294	10%	4547,629	40928,664	569,720	10993,939	250,385	409,880	613,426	9,110	34,397	11,822	81%	-51	-60	3683,541	41423,358
337	47608,226	16%	7384,036	40224,190	558,725	12386,116	266,438	403,856	599,229	9,481	34,331	12,336	54%	-54	-65	3983,401	42915,384
338	48439,428	13%	6442,444	41996,984	563,262	10740,944	248,886	410,886	604,349	9,463	34,751	12,095	89%	-53	-63	5745,586	43262,597
339	44278,223	12%	5291,248	38986,975	559,792	9022,258	262,450	398,580	599,267	9,319	34,411	11,980	83%	-60	-76	4372,799	41083,002
340	44460,803	13%	5557,600	38903,203	561,904	8718,451	252,602	409,657	601,184	9,144	34,337	11,548	92%	-56	-69	5101,280	40169,143
341	46722,241	13%	5915,036	40807,205	559,171	9995,347	256,871	395,175	596,971	9,102	34,206	11,542	80%	-51	-60	4747,295	42896,865
342	47424,908	17%	7991,097	39433,811	560,298	10083,741	248,957	409,514	601,703	9,373	34,608	11,809	76%	-48	-54	6069,947	41808,587
343	47433,468	15%	7228,861	40204,608	561,593	9814,722	253,608	409,416	602,303	9,523	34,699	11,951	76%	-47	-53	5503,647	42246,045
344	47414,298	12%	5727,647	41686,650	562,882	10787,612	254,423	409,684	602,892	9,213	34,389	11,579	79%	-49	-56	4545,872	43004,577

DATOS PARA VALIDACION

1	47423,662	13%	6259,923	41163,739	562,931	9982,086	255,843	409,703	604,346	9,255	34,424	11,663	72%	-49	-56	4521,452	42774,549
2	47421,696	13%	6164,821	41256,876	562,196	10136,387	254,302	409,963	604,132	9,337	34,523	11,757	74%	-49	-56	4541,430	42484,119
3	47426,672	14%	6416,829	41009,844	561,741	9934,859	252,508	410,505	603,412	9,322	34,525	11,679	71%	-50	-58	4562,711	42430,292
4	47531,668	16%	7700,130	39831,538	558,176	11961,671	251,620	409,823	599,336	9,582	34,764	12,099	69%	-52	-62	5308,047	41851,465
5	47937,110	17%	8249,977	39687,133	560,637	11597,188	248,391	410,723	601,325	9,737	34,939	12,240	68%	-51	-60	5620,440	42785,922
6	46786,995	12%	5614,439	41172,555	562,504	9755,568	257,742	407,753	601,529	9,167	34,431	11,559	79%	-50	-58	4413,887	42675,454
7	47452,569	13%	5936,316	41516,253	560,921	10385,032	248,918	408,907	601,200	9,354	34,615	11,775	89%	-48	-54	5256,497	42847,971
8	47410,381	14%	6779,684	40630,696	561,390	10110,232	249,742	408,233	601,886	9,168	34,512	11,684	70%	-50	-58	4745,324	42836,867
9	45800,434	13%	6063,977	39736,456	562,002	10038,345	251,058	410,375	603,107	9,172	34,426	11,559	78%	-52	-62	4701,535	41132,771
10	45377,425	11%	4782,781	40594,645	562,022	9629,467	255,128	409,491	602,989	9,197	34,440	11,539	89%	-50	-58	4264,596	40973,645
11	45494,795	11%	4977,131	40517,665	561,260	10083,741	246,201	406,689	602,542	9,323	34,737	11,814	87%	-50	-58	4343,558	40752,594
12	45657,959	12%	5634,192	40023,767	561,712	9814,722	251,718	415,625	604,494	9,283	34,530	11,634	85%	-48	-54	4793,058	40588,687
13	42849,996	21%	9084,199	33765,797	556,008	11664,434	253,180	416,451	601,472	9,400	34,500	11,908	68%	-48	-54	6205,473	36733,770
14	42847,338	22%	9276,449	33570,889	555,947	12216,086	258,795	412,695	601,075	9,357	34,572	12,068	58%	-55	-67	5422,204	37178,537
15	42828,445	13%	5567,698	37260,747	561,193	8405,221	255,974	413,557	602,306	9,091	34,193	11,256	77%	-43	-45	4259,678	38327,312
16	42808,143	13%	5565,059	37243,084	561,662	8454,750	261,775	401,411	601,914	9,000	34,047	11,266	58%	-54	-65	3206,908	39390,153
17	45888,363	12%	5506,604	40381,759	551,440	12678,424	263,083	400,282	593,083	9,360	34,410	12,089	90%	-63	-81	4974,061	40449,399
18	45711,711	13%	5942,522	39769,189	562,394	10433,239	261,127	411,241	604,940	9,465	34,586	11,906	80%	-50	-58	4728,525	40922,770
19	48514,171	16%	7762,267	40751,903	563,077	10525,214	260,668	408,461	604,197	9,455	34,625	11,916	58%	-50	-58	4538,185	44125,802
20	50580,449	16%	8249,671	42330,777	559,911	12621,572	251,966	407,437	601,438	9,420	34,650	12,093	64%	-49	-56	5276,643	45415,159
21	38508,037	26%	9819,549	28688,487	549,279	12692,339	267,894	400,681	593,468	9,475	34,572	12,298	54%	-60	-76	5319,281	33012,202
22	38408,533	27%	10462,484	27946,049	545,058	12491,316	256,300	409,842	593,602	9,516	34,580	12,000	76%	-48	-54	7907,480	30420,971

23	38413,935	19%	7375,476	31038,460	551,352	9724,395	255,809	406,838	593,988	9,551	34,638	11,794	76%	-48	-54	5629,808	32594,161
24	42875,762	20%	8660,904	34214,858	548,669	11797,603	234,531	404,858	592,604	7,807	33,177	10,290	74%	-48	-54	6392,258	36426,944
25	45498,515	19%	8644,718	36853,797	554,571	8868,746	242,957	394,162	592,817	9,053	34,184	11,299	45%	-49	-56	3886,646	41488,279
26	47613,327	19%	9046,532	38566,795	555,191	9836,404	248,341	408,459	594,804	9,400	34,624	11,715	61%	-47	-53	5495,484	42435,063
27	47612,827	22%	10641,467	36971,360	553,246	11062,242	252,799	401,158	593,308	9,401	34,605	11,895	49%	-60	-76	5203,257	42647,494
28	50023,690	17%	8504,027	41519,663	554,786	9785,460	254,487	411,444	593,797	9,536	34,735	11,828	68%	-48	-54	5779,743	44502,407
29	50791,396	20%	10361,445	40429,951	552,202	12650,857	241,238	401,546	593,720	9,499	34,844	12,149	63%	-56	-69	6553,063	44248,956
30	37730,398	19%	7168,776	30561,622	554,664	10134,482	260,220	403,723	595,534	9,484	34,504	11,834	69%	-55	-67	4912,954	32502,396
31	36699,812	19%	7094,074	29605,739	554,880	10684,682	248,963	410,986	596,652	9,398	34,545	11,773	82%	-51	-60	5816,201	30282,339
32	45105,409	17%	7442,392	37663,016	556,369	11058,751	260,442	407,837	597,434	9,457	34,561	11,889	71%	-49	-56	5254,087	39339,496
33	52967,856	15%	7945,178	45022,677	557,429	11907,834	261,056	411,242	598,709	9,506	34,695	12,061	74%	-50	-58	5865,589	46905,809
34	44584,353	22%	9808,558	34775,795	554,314	10099,299	267,710	402,943	592,301	9,484	34,016	11,938	54%	-56	-49	5267,037	39517,333
35	50229,146	18%	9207,002	41022,144	556,575	12526,955	253,896	410,657	598,957	9,548	34,649	12,199	73%	-46	-51	6748,050	43780,512
36	49448,360	14%	7135,398	42312,961	562,734	9048,666	252,761	410,010	602,449	9,527	34,587	11,785	66%	-49	-56	4704,782	45137,347
37	53479,043	10%	5347,904	48131,138	564,574	11556,443	245,222	404,192	605,710	9,398	34,659	12,080	90%	-48	-54	4836,887	49009,370
38	56252,286	10%	5625,229	50627,058	565,093	10571,736	253,737	411,866	605,689	9,399	34,597	11,827	93%	-46	-51	5237,327	51038,128
39	56578,472	16%	9188,344	47390,129	558,703	11845,612	251,473	410,501	598,830	9,298	34,554	11,845	59%	-46	-51	5419,679	51196,741
40	56526,708	16%	9185,590	47341,118	557,419	12756,555	247,153	407,077	597,651	9,300	34,608	11,902	60%	-48	-54	5537,331	50939,021
41	55537,036	11%	5942,463	49594,574	559,839	10604,201	244,440	406,625	598,735	9,299	34,630	11,705	76%	-47	-53	4493,200	50534,187
42	56322,624	12%	6758,715	49563,909	559,933	10316,737	248,013	410,211	596,408	9,298	33,430	11,649	62%	-45	-49	4186,208	51342,655
43	54842,404	18%	9926,475	44915,929	554,989	12053,680	253,482	409,812	593,587	9,295	34,809	11,779	55%	-50	-58	5427,051	48671,916
44	54558,064	21%	11675,426	42882,639	552,063	12819,963	264,640	409,032	593,164	9,285	34,911	11,986	62%	-52	-62	7239,271	47353,310
45	54518,330	20%	10979,992	43538,338	553,452	12590,869	249,628	411,984	594,860	9,243	34,667	11,827	73%	-48	-54	8039,136	46700,070
46	54496,479	21%	11662,246	42834,232	551,957	13068,038	263,389	413,031	593,822	9,286	34,541	11,875	68%	-54	-65	7876,398	46709,773
47	54515,765	10%	5451,577	49064,189	561,692	8977,826	250,476	409,494	597,631	9,298	34,585	11,499	77%	-47	-53	4211,062	50131,692
48	54649,887	18%	9891,630	44758,257	555,791	11985,789	247,395	405,687	595,771	9,091	34,337	11,589	61%	-48	-54	6078,886	48103,180
49	50685,804	18%	9123,445	41562,359	557,371	10581,498	261,341	409,999	598,902	9,108	34,310	11,505	59%	-48	-54	5359,904	44898,028
50	50485,457	17%	8582,528	41902,929	557,799	10596,033	248,219	411,235	600,166	9,109	34,408	11,402	70%	-56	-69	6020,058	43963,524
51	50245,573	17%	8541,747	41703,825	556,540	9788,444	257,530	408,729	598,703	9,127	34,426	11,404	61%	-55	-67	5246,519	43918,253
52	49713,659	16%	8013,842	41699,817	558,634	9368,153	249,246	406,746	599,748	9,132	34,372	11,370	69%	-48	-54	5525,721	44430,524
53	45387,958	23%	10439,230	34948,728	557,898	12042,441	246,733	412,550	606,141	9,153	34,472	11,620	68%	-50	-58	7114,284	38595,129
54	45474,448	22%	10004,378	35470,069	554,639	12089,383	248,832	414,535	602,148	9,230	34,598	11,669	77%	-46	-51	7669,927	38049,686
55	45575,931	21%	9616,521	35959,410	557,034	11783,976	249,283	411,523	603,908	9,210	34,534	11,596	73%	-48	-54	7061,105	38670,377
56	37962,698	22%	8351,793	29610,904	551,692	12230,137	252,274	392,136	595,499	9,216	34,481	11,726	70%	-45	-49	5809,712	32168,296
57	41422,987	21%	8698,827	32724,160	555,115	12004,725	256,308	411,271	603,596	9,279	34,514	11,705	87%	-48	-54	7576,740	33899,740
58	47352,960	10%	4735,296	42617,664	566,828	8762,112	248,854	402,351	607,103	9,033	34,315	11,289	74%	-49	-56	3493,769	43701,446
59	50426,776	18%	9076,820	41349,956	558,252	11963,568	249,476	407,823	602,188	9,089	34,435	11,568	72%	-53	-63	6528,920	43943,786
60	50589,640	13%	6576,653	44012,987	560,110	9495,632	257,198	398,792	597,239	9,062	32,984	11,466	68%	-59	-74	4500,393	47008,434
61	50446,267	11%	5549,089	44897,178	563,481	10119,770	245,891	410,791	604,244	9,043	34,266	11,537	99%	-47	-53	5509,252	46040,942
62	50469,888	9%	4542,290	45927,598	566,303	9756,520	245,058	402,296	605,170	9,059	34,395	11,434	82%	-58	-72	3702,919	46887,529
63	49993,517	15%	7669,005	42324,511	566,750	9764,175	248,648	408,913	606,931	9,059	34,333	11,456	53%	-52	-62	4030,170	45654,688
64	49518,733	9%	4456,686	45062,047	566,600	9566,970	248,409	412,571	607,094	9,060	34,353	11,429	91%	-49	-56	4044,565	45320,329
65	50302,195	8%	4074,478	46227,718	565,992	9187,882	248,845	412,903	605,718	9,058	34,361	11,384	95%	-48	-54	3870,103	46137,584
66	49825,865	7%	3487,811	46338,054	567,485	10078,976	248,998	410,969	607,952	9,015	34,260	11,451	97%	-48	-54	3390,543	45701,859
67	48459,351	11%	5330,529	43128,822	565,099	10308,261	250,898	413,723	606,382	9,112	34,374	11,576	68%	-50	-58	3645,049	43916,798
68	48586,616	9%	4372,795	44213,820	567,563	9199,934	247,683	409,284	607,947	9,104	34,384	11,436	90%	-46	-51	3939,575	44487,930
69	48549,480	13%	6311,432	42238,047	563,660	9978,012	247,877	413,807	604,760	9,222	34,450	11,607	73%	-48	-54	4633,303	43916,695

## ANEXO D.

**Tabla D-1. Error del modelo mejorado de porcentaje de recuperación de Jet**

Caso	VARIABLES INDEPENDIENTES										COMPARACION		ERROR
	Jet [BPD]	Diésel [BPD]	T Entrada TI 57074 [°F]	Reciclo FIC57028 [BPD]	T Cima TI57075 [°F]	T Medios TI57076 [°F]	T Fondos TI57077 [°F]	P Cima PIC57096 [psi]	P Medios PI57155 [psi]	P Fondos PI57081 [psi]	Recuperación Jet [%]	Recuperación Jet [%] - Modelo	
1	6259,923	41163,739	562,931	9982,086	255,843	409,703	604,346	9,255	34,424	11,663	72%	79%	8%
2	6164,821	41256,876	562,196	10136,387	254,302	409,963	604,132	9,337	34,523	11,757	74%	81%	9%
3	6416,829	41009,844	561,741	9934,859	252,508	410,505	603,412	9,322	34,525	11,679	71%	80%	11%
4	7700,130	39831,538	558,176	11961,671	251,620	409,823	599,336	9,582	34,764	12,099	69%	80%	14%
5	8249,977	39687,133	560,637	11597,188	248,391	410,723	601,325	9,737	34,939	12,240	68%	80%	15%
6	5614,439	41172,555	562,504	9755,568	257,742	407,753	601,529	9,167	34,431	11,559	79%	73%	8%
7	5936,316	41516,253	560,921	10385,032	248,918	408,907	601,200	9,354	34,615	11,775	89%	79%	13%
8	6779,684	40630,696	561,390	10110,232	249,742	408,233	601,886	9,168	34,512	11,684	70%	75%	7%
9	6063,977	39736,456	562,002	10038,345	251,058	410,375	603,107	9,172	34,426	11,559	78%	77%	1%
10	4782,781	40594,645	562,022	9629,467	255,128	409,491	602,989	9,197	34,440	11,539	89%	78%	14%
11	4977,131	40517,665	561,260	10083,741	246,201	406,689	602,542	9,323	34,737	11,814	87%	80%	9%
12	5634,192	40023,767	561,712	9814,722	251,718	415,625	604,494	9,283	34,530	11,634	85%	84%	1%
13	9084,199	33765,797	556,008	11664,434	253,180	416,451	601,472	9,400	34,500	11,908	68%	84%	19%
14	9276,449	33570,889	555,947	12216,086	258,795	412,695	601,075	9,357	34,572	12,068	58%	80%	27%
15	5567,698	37260,747	561,193	8405,221	255,974	413,557	602,306	9,091	34,193	11,256	77%	74%	3%
16	5565,059	37243,084	561,662	8454,750	261,775	401,411	601,914	9,000	34,047	11,266	58%	67%	14%
17	5506,604	40381,759	551,440	12678,424	263,083	400,282	593,083	9,360	34,410	12,089	90%	75%	21%
18	5942,522	39769,189	562,394	10433,239	261,127	411,241	604,940	9,465	34,586	11,906	80%	82%	3%
19	7762,267	40751,903	563,077	10525,214	260,668	408,461	604,197	9,455	34,625	11,916	58%	76%	23%
20	8249,671	42330,777	559,911	12621,572	251,966	407,437	601,438	9,420	34,650	12,093	64%	81%	21%
21	9819,549	28688,487	549,279	12692,339	267,894	400,681	593,468	9,475	34,572	12,298	54%	63%	14%
22	10462,484	27946,049	545,058	12491,316	256,300	409,842	593,602	9,516	34,580	12,000	76%	82%	7%
23	7375,476	31038,460	551,352	9724,395	255,809	406,838	593,988	9,551	34,638	11,794	76%	71%	7%
24	8660,904	34214,858	548,669	11797,603	234,531	404,858	592,604	7,807	33,177	10,290	74%	65%	13%
25	8644,718	36853,797	554,571	8868,746	242,957	394,162	592,817	9,053	34,184	11,299	45%	57%	21%
26	9046,532	38566,795	555,191	9836,404	248,341	408,459	594,804	9,400	34,624	11,715	61%	69%	12%
27	10641,467	36971,360	553,246	11062,242	252,799	401,158	593,308	9,401	34,605	11,895	49%	63%	23%
28	8504,027	41519,663	554,786	9785,460	254,487	411,444	593,797	9,536	34,735	11,828	68%	74%	8%
29	10361,445	40429,951	552,202	12650,857	241,238	401,546	593,720	9,499	34,844	12,149	63%	77%	18%
30	7168,776	30561,622	554,664	10134,482	260,220	403,723	595,534	9,484	34,504	11,834	69%	65%	5%
31	7094,074	29605,739	554,880	10684,682	248,963	410,986	596,652	9,398	34,545	11,773	82%	72%	13%
32	7442,392	37663,016	556,369	11058,751	260,442	407,837	597,434	9,457	34,561	11,889	71%	74%	4%
33	7945,178	45022,677	557,429	11907,834	261,056	411,242	598,709	9,506	34,695	12,061	74%	82%	10%
34	9808,558	34775,795	554,314	10099,299	267,710	402,943	592,301	9,484	34,016	11,938	54%	56%	5%
35	9207,002	41022,144	556,575	12526,955	253,896	410,657	598,957	9,548	34,649	12,199	73%	81%	10%
36	7135,398	42312,961	562,734	9048,666	252,761	410,010	602,449	9,527	34,587	11,785	66%	76%	13%
37	5347,904	48131,138	564,574	11556,443	245,222	404,192	605,710	9,398	34,659	12,080	90%	89%	1%
38	5625,229	40327,058	565,093	10571,736	253,737	411,866	605,689	9,399	34,597	11,827	93%	89%	5%
39	9188,344	47390,129	558,703	11845,612	251,473	410,501	598,830	9,298	34,554	11,845	59%	80%	26%
40	9185,590	47341,118	557,419	12756,555	247,153	407,077	597,651	9,300	34,608	11,902	60%	81%	26%
41	5942,463	49594,574	559,839	10604,201	244,440	406,625	598,735	9,299	34,630	11,705	76%	82%	8%
42	6758,715	49563,909	559,933	10316,737	248,013	410,211	596,408	9,298	33,430	11,649	62%	74%	17%
43	9926,475	44915,929	554,989	12053,680	253,482	409,812	593,587	9,295	34,809	11,779	55%	73%	25%

44	11675,426	42882,639	552,063	12819,963	264,640	409,032	593,164	9,285	34,911	11,986	62%	69%	11%
45	10979,992	43538,338	553,452	12590,869	249,628	411,984	594,860	9,243	34,667	11,827	73%	78%	6%
46	11662,246	42834,232	551,957	13068,038	263,389	413,031	593,822	9,286	34,541	11,875	68%	74%	9%
47	5451,577	49064,189	561,692	8977,826	250,476	409,494	597,631	9,298	34,585	11,499	77%	75%	4%
48	9891,630	44758,257	555,791	11985,789	247,395	405,687	595,771	9,091	34,337	11,589	61%	73%	16%
49	9123,445	41562,359	557,371	10581,498	261,341	409,999	598,902	9,108	34,310	11,505	59%	73%	20%
50	8582,528	41902,929	557,799	10596,033	248,219	411,235	600,166	9,109	34,408	11,402	70%	78%	10%
51	8541,747	41703,825	556,540	9788,444	257,530	408,729	598,703	9,127	34,426	11,404	61%	75%	18%
52	8013,842	41699,817	558,634	9368,153	249,246	406,746	599,748	9,132	34,372	11,370	69%	73%	5%
53	10439,230	34948,728	557,898	12042,441	246,733	412,550	606,141	9,153	34,472	11,620	68%	84%	19%
54	10004,378	35470,069	554,639	12089,383	248,832	414,535	602,148	9,230	34,598	11,669	77%	87%	11%
55	9616,521	35959,410	557,034	11783,976	249,283	411,523	603,908	9,210	34,534	11,596	73%	83%	12%
56	8351,793	29610,904	551,692	12230,137	252,274	392,136	595,499	9,216	34,481	11,726	70%	66%	5%
57	8698,827	32724,160	555,115	12004,725	256,308	411,271	603,596	9,279	34,514	11,705	87%	85%	3%
58	4735,296	42617,664	566,828	8762,112	248,854	402,351	607,103	9,033	34,315	11,289	74%	76%	2%
59	9076,820	41349,956	558,252	11963,568	249,476	407,823	602,188	9,089	34,435	11,568	72%	80%	11%
60	6576,653	44012,987	560,110	9495,632	257,198	398,792	597,239	9,062	32,984	11,466	68%	65%	5%
61	5549,089	44897,178	563,481	10119,770	245,891	410,791	604,244	9,043	34,266	11,537	99%	81%	23%
62	4542,290	45927,598	566,303	9756,520	245,058	402,296	605,170	9,059	34,395	11,434	82%	78%	4%
63	7669,005	42324,511	566,750	9764,175	248,648	408,913	606,931	9,059	34,333	11,456	53%	74%	29%
64	4456,686	45062,047	566,600	9566,970	248,409	412,571	607,094	9,060	34,353	11,429	91%	82%	11%
65	4074,478	46227,718	565,992	9187,882	248,845	412,903	605,718	9,058	34,361	11,384	95%	81%	17%
66	3487,811	46338,054	567,485	10078,976	248,998	410,969	607,952	9,015	34,260	11,451	97%	84%	16%
67	5330,529	43128,822	565,099	10308,261	250,898	413,723	606,382	9,112	34,374	11,576	68%	83%	17%
68	4372,795	44213,820	567,563	9199,934	247,683	409,284	607,947	9,104	34,384	11,436	90%	80%	13%
69	6311,432	42238,047	563,660	9978,012	247,877	413,807	604,760	9,222	34,450	11,607	73%	81%	9%
PROMEDIO	7536,861	40492,330	558,707	10762,497	252,548	408,379	600,120	9,262	34,454	11,702	72%	77%	12%

**Tabla D-2. Error del modelo mejorado de punto de congelación del Jet**

Fecha	VARIABLES INDEPENDIENTES										COMPARACION		ERROR
	Jet [BPD]	Diésel [BPD]	T Entrada TI 57074 [°F]	Reciclo FIC57028 [BPD]	T Cima TI57075 [°F]	T Medios TI57076 [°F]	T Fondos TI57077 [°F]	P Cima PIC57096 [psi]	P Medios PI57155 [psi]	P Fondos PI57081 [psi]	Punto de Congelación [°F]	Punto de Congelación [°F] - Modelo	
1	6259,923	41163,739	562,931	9982,086	255,843	409,703	604,346	9,255	34,424	11,663	-56	-58	4%
2	6164,821	41256,876	562,196	10136,387	254,302	409,963	604,132	9,337	34,523	11,757	-56	-57	2%
3	6416,829	41009,844	561,741	9934,859	252,508	410,505	603,412	9,322	34,525	11,679	-58	-58	1%
4	7700,130	39831,538	558,176	11961,671	251,620	409,823	599,336	9,582	34,764	12,099	-62	-59	4%
5	8249,977	39687,133	560,637	11597,188	248,391	410,723	601,325	9,737	34,939	12,240	-60	-61	2%
6	5614,439	41172,555	562,504	9755,568	257,742	407,753	601,529	9,167	34,431	11,559	-58	-60	3%
7	5936,316	41516,253	560,921	10385,032	248,918	408,907	601,200	9,354	34,615	11,775	-54	-58	5%
8	6779,684	40630,696	561,390	10110,232	249,742	408,233	601,886	9,168	34,512	11,684	-58	-59	1%
9	6063,977	39736,456	562,002	10038,345	251,058	410,375	603,107	9,172	34,426	11,559	-62	-58	7%
10	4782,781	40594,645	562,022	9629,467	255,128	409,491	602,989	9,197	34,440	11,539	-58	-57	2%
11	4977,131	40517,665	561,260	10083,741	246,201	406,689	602,542	9,323	34,737	11,814	-58	-56	3%
12	5634,192	40023,767	561,712	9814,722	251,718	415,625	604,494	9,283	34,530	11,644	-54	-55	1%
13	9084,199	33765,797	556,008	11664,434	253,180	416,451	601,472	9,400	34,500	11,908	-54	-62	12%
14	9276,449	33570,889	555,947	12216,086	258,795	412,695	601,075	9,357	34,572	12,068	-67	-64	5%
15	5567,698	37260,747	561,193	8405,221	255,974	413,557	602,306	9,091	34,193	11,256	-45	-58	21%
16	5565,059	37243,084	561,662	8454,750	261,775	401,411	601,914	9,000	34,047	11,266	-65	-62	6%
17	5942,522	39769,189	562,394	10433,239	261,127	411,241	604,940	9,465	34,586	11,906	-58	-58	0%
18	7762,267	40751,903	563,077	10525,214	260,668	408,461	604,197	9,455	34,625	11,916	-58	-62	6%
19	8249,671	42330,777	559,911	12621,572	251,966	407,437	601,438	9,420	34,650	12,093	-56	-60	6%
20	9819,549	28688,487	549,279	12692,339	267,894	400,681	593,468	9,475	34,572	12,298	-76	-72	5%
21	10462,484	27946,049	545,058	12491,316	256,300	409,842	593,602	9,516	34,580	12,000	-54	-71	24%
22	7375,476	31038,460	551,352	9724,395	255,809	406,838	593,988	9,551	34,638	11,794	-54	-63	13%
23	8660,904	34214,858	548,669	11797,603	234,531	404,858	592,604	7,807	33,177	10,290	-54	-57	5%
24	8644,718	36853,797	554,571	8868,746	242,957	394,162	592,817	9,053	34,184	11,299	-56	-65	14%
25	9046,532	38566,795	555,191	9836,404	248,341	408,459	594,804	9,400	34,624	11,715	-53	-61	13%
26	10641,467	36971,360	553,246	11062,242	252,799	401,158	593,308	9,401	34,605	11,895	-76	-66	15%
27	8504,027	41519,663	554,786	9785,460	254,487	411,444	593,797	9,536	34,735	11,828	-54	-58	7%
28	10361,445	40429,951	552,202	12650,857	241,238	401,546	593,720	9,499	34,844	12,149	-69	-63	9%
29	7168,776	30561,622	554,664	10134,482	260,220	403,723	595,534	9,484	34,504	11,834	-67	-65	3%
30	7094,074	29605,739	554,880	10684,682	248,963	410,986	596,652	9,398	34,545	11,773	-60	-62	3%
31	7442,392	37663,016	556,369	11058,751	260,442	407,837	597,434	9,457	34,561	11,889	-56	-61	8%
32	7945,178	45022,677	557,429	11907,834	261,056	411,242	598,709	9,506	34,695	12,061	-58	-57	2%
33	9808,558	34775,795	554,314	10099,299	267,710	402,943	592,301	9,484	34,016	11,938	-56	-67	16%
34	9207,002	41022,144	556,575	12526,955	253,896	410,657	598,957	9,548	34,649	12,199	-51	-60	15%
35	7135,398	42312,961	562,734	9048,666	252,761	410,010	602,449	9,527	34,587	11,785	-56	-60	6%
36	5347,904	48131,138	564,574	11556,443	245,222	404,192	605,710	9,398	34,659	12,080	-54	-55	1%
37	5625,229	50627,058	565,093	10571,736	253,737	411,866	605,689	9,399	34,597	11,827	-51	-54	6%
38	9188,344	47390,129	558,703	11845,612	251,473	410,501	598,830	9,298	34,554	11,845	-51	-57	11%
39	9185,590	47341,118	557,419	12756,555	247,153	407,077	597,651	9,300	34,608	11,902	-54	-58	5%
40	5942,463	49594,574	559,839	10604,201	244,440	406,625	598,735	9,299	34,630	11,705	-53	-55	4%
41	6758,715	49563,909	559,933	10316,737	248,013	410,211	596,408	9,298	33,430	11,649	-49	-58	15%
42	9926,475	44915,929	554,989	12053,680	253,482	409,812	593,587	9,295	34,809	11,779	-58	-58	0%
43	11675,426	42882,639	552,063	12819,963	264,640	409,032	593,164	9,285	34,911	11,986	-62	-61	0%
44	10979,992	43538,338	553,452	12590,869	249,628	411,984	594,860	9,243	34,667	11,827	-54	-58	6%
45	11662,246	42834,232	551,957	13068,038	263,389	413,031	593,822	9,286	34,541	11,875	-65	-59	10%
46	5451,577	49064,189	561,692	8977,826	250,476	409,494	597,631	9,298	34,585	11,499	-53	-59	11%
47	9891,630	44758,257	555,791	11985,789	247,395	405,687	595,771	9,091	34,337	11,589	-54	-59	8%

48	9123,445	41562,359	557,371	10581,498	261,341	409,999	598,902	9,108	34,310	11,505	-54	-60	9%
49	8582,528	41902,929	557,799	10596,033	248,219	411,235	600,166	9,109	34,408	11,402	-69	-57	20%
50	8541,747	41703,825	556,540	9788,444	257,530	408,729	598,703	9,127	34,426	11,404	-67	-59	14%
51	8013,842	41699,817	558,634	9368,153	249,246	406,746	599,748	9,132	34,372	11,370	-54	-59	8%
52	10439,230	34948,728	557,898	12042,441	246,733	412,550	606,141	9,153	34,472	11,620	-58	-66	12%
53	10004,378	35470,069	554,639	12089,383	248,832	414,535	602,148	9,230	34,598	11,669	-51	-62	19%
54	9616,521	35959,410	557,034	11783,976	249,283	411,523	603,908	9,210	34,534	11,596	-54	-63	14%
55	8351,793	29610,904	551,692	12230,137	252,274	392,136	595,499	9,216	34,481	11,726	-49	-70	30%
56	8698,827	32724,160	555,115	12004,725	256,308	411,271	603,596	9,279	34,514	11,705	-54	-64	15%
57	4735,296	42617,664	566,828	8762,112	248,854	402,351	607,103	9,033	34,315	11,289	-56	-58	4%
58	9076,820	41349,956	558,252	11963,568	249,476	407,823	602,188	9,089	34,435	11,568	-63	-60	6%
59	6576,653	44012,987	560,110	9495,632	257,198	398,792	597,239	9,062	32,984	11,466	-74	-63	19%
60	5549,089	44897,178	563,481	10119,770	245,891	410,791	604,244	9,043	34,266	11,537	-53	-55	4%
61	4542,290	45927,598	566,303	9756,520	245,058	402,296	605,170	9,059	34,395	11,434	-72	-58	25%
62	7669,005	42324,511	566,750	9764,175	248,648	408,913	606,931	9,059	34,333	11,456	-62	-61	2%
63	4456,686	45062,047	566,600	9566,970	248,409	412,571	607,094	9,060	34,353	11,429	-56	-55	3%
64	4074,478	46227,718	565,992	9187,882	248,845	412,903	605,718	9,058	34,361	11,384	-54	-55	1%
65	3487,811	46338,054	567,485	10078,976	248,998	410,969	607,952	9,015	34,260	11,451	-54	-54	1%
66	5330,529	43128,822	565,099	10308,261	250,898	413,723	606,382	9,112	34,374	11,576	-58	-55	5%
67	4372,795	44213,820	567,563	9199,934	247,683	409,284	607,947	9,104	34,384	11,436	-51	-56	10%
68	6311,432	42238,047	563,660	9978,012	247,877	413,807	604,760	9,222	34,450	11,607	-54	-56	3%
PROMEDIO	7566,718	40493,956	558,814	10734,322	252,393	408,498	600,223	9,260	34,455	11,696	-58	-60	8%