



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
(INGENIERÍA DE SISTEMAS) – (INGENIERÍA INDUSTRIAL)

DESARROLLO DE UN PROCEDIMIENTO DE MEJORA DE CONTROL DE INVENTARIOS  
PARA UN LABORATORIO DE ANÁLISIS CLÍNICOS

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:  
MARÍA DEL CARMEN HERNÁNDEZ NAVA

TUTOR PRINCIPAL:  
DRA. ISABEL PATRICIA AGUILAR JUÁREZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. DICIEMBRE 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **JURADO ASIGNADO:**

**Presidente:** M.I. ARTURO FUENTES ZENEN  
**Secretario:** M.I. FRANCISCA IRENE SOLER ANGUIANO  
**Vocal:** DRA. ISABEL PATRICIA AGUILAR JUÁREZ  
**1er. Suplente:** DR. MANUEL DEL MORÁN DÁVILA  
**2do. Suplente:** DRA. ESTHER SEGURA PÉREZ

**Lugar o lugares donde se realizó la tesis:** Ciudad Universitaria, Posgrado Facultad de Ingeniería, UNAM, México CDMX.

TUTOR DE TESIS:

**DRA. ISABEL PATRICIA AGUILAR JUÁREZ**

-----  
FIRMA

“En la mente del principiante hay muchas posibilidades, pero en las del experto hay pocas”.

Shunryu Suzuki

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios que me permitió continuar mis estudios y siempre está presente conmigo dándome fuerzas en todos los momentos de mi vida.

A Mis padres, a quienes les debo todo lo que soy y con su apoyo incondicional es que puedo terminar orgullosa otro ciclo más de mis estudios. También a quién siempre ha sido mi héroe, maestro y ejemplo a seguir: mi amado hermano.

A mi tutora que con mucha paciencia me dirigió para poder concluir este trabajo y a mis sinodales que me prestaron su tiempo y experiencia para pulirlo; sin olvidar a mis maestros, cuyas enseñanzas fueron piedra fundamental.

A todos mis amigos (los viejos y los nuevos), que siempre me daban ánimos y sabios consejos para continuar con mis estudios.

Quiero dar un reconocimiento especial a una persona que me enseñó todo lo necesario para poder desempeñarme como una profesionalista, ella me inculcó el valor de superarme y siempre seguir estudiando, no hay palabra escrita que describa cuanto agradecimiento le tengo a mi querida Doctora Olga.

## CONTENIDO.

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA EN MÉXICO.....</b>	<b>7</b>
<b>CONTROL INTERNO.....</b>	<b>8</b>
<b>LABORATORIOS DE ANÁLISIS CLÍNICOS.....</b>	<b>9</b>
<b>MEDICAMENTOS E INSUMOS.....</b>	<b>10</b>
<b>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>11</b>
<b>OBJETIVO.....</b>	<b>11</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>11</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>12</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 1. ANÁLISIS DE LA DEMANDA Y MÉTODOS DE PRONÓSTICO.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 PRONÓSTICO DE LA DEMANDA.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2 LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL PRONÓSTICO.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 ENFOQUES DE PRONÓSTICOS.....</b>	<b>16</b>
<b>1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA EN EL TIEMPO.....</b>	<b>16</b>
<b>1.4.1 DEMANDA DEPENDIENTE E INDEPENDIENTE.....</b>	<b>18</b>
<b>1.5 ERROR EN EL PRONÓSTICO.....</b>	<b>18</b>
<b>1.6 MODELOS PARA EL CÁLCULO DE LOS PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA.....</b>	<b>19</b>
<b>1.6.1 MODELOS BÁSICOS.....</b>	<b>19</b>
<b>1.6.2 SUAVIZADO EXPONENCIAL.....</b>	<b>20</b>
<b>1.6.3 REGRESIÓN LINEAL.....</b>	<b>22</b>
<b>1.6.3.1 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN LINEAL.....</b>	<b>23</b>
<b>1.6.4 DESCOMPOSICIÓN MULTIPLICATIVA.....</b>	<b>23</b>
<b>1.7 SELECCIÓN DEL MODELO DE PRONÓSTICOS.....</b>	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO 2. MODELOS DE CONTROL DE INVENTARIOS.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1 INVENTARIOS.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.1 NATURALEZA E IMPORTANCIA DE LOS INVENTARIOS.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.2 TIPOS DE INVENTARIOS.....</b>	<b>26</b>

<b>2.2 ASPECTOS QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS.</b> .....	26
<b>2.3 MODELOS DE INVENTARIOS.</b> .....	27
<b>2.3.1 MODELO BÁSICO DE LA CANTIDAD ECONÓMICA</b> .....	27
<b>2.3.1.1 PUNTO DE REORDEN.</b> .....	30
<b>2.3.2 MODELO ESTOCÁSTICO CON REVISIÓN CONTINUA</b> .....	30
<b>2.3.3 PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV</b> .....	32
<b>CAPÍTULO 3. MARCOS DE REFERENCIA PARA LA CERTIFICACIÓN NMX-CC-9001 Y LA ACREDITACIÓN NMX-EC-15189.</b> .....	34
<b>3.1 NMX-EC-15189-IMNC-2015. LABORATORIOS CLÍNICOS - REQUISITOS DE LA CALIDAD Y COMPETENCIA. (ISO 15189:2012)</b> .....	34
<b>3.2 NMX-CC-9001-IMNC-2008. Sistemas de gestión de la calidad-Requisitos. (ISO 9001:2008)</b> .....	35
<b>3.3 NMX-CC-9001-IMNC-2015. Sistemas de gestión de la calidad-Requisitos (ISO 9001:2015</b> .....	36
<b>3.4 REQUERIMIENTO DEL SISTEMA.</b> .....	36
<b>CAPÍTULO 4. APLICACIÓN AL CASO DEL LABORATORIO DE HORMONAS Y NIVELES SÉRICOS DE UN HOSPITAL.</b> .....	37
<b>4.1 PRONÓSTICOS</b> .....	41
<b>4.2 INVENTARIOS</b> .....	59
<b>4.3 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIO.</b> .....	75
<b>ANEXOS.</b> .....	88
<b>ANEXO 1. PROCEDIMIENTO DE VALIDACIÓN DE HOJAS DE CÁLCULO.</b> .....	88
<b>ANEXO 2. EJEMPLO DE VALIDACIÓN DE HOJAS DE CÁLCULO.</b> .....	93
<b>ANEXO 3. EJEMPLO DE CALCULO DE NÚMERO DE PRUEBAS PARA LOS ANALITOS</b> .....	153
<b>ANEXO 4. PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV SOBRE BONDAD DE AJUSTE (Alvarez Cáceres, 1996).</b> .....	155

## **RESUMEN**

En este trabajo se presenta el desarrollo de un procedimiento para el control de inventarios, mediante el análisis de la demanda y de modelos matemáticos que permitan la minimización de costos y un control más adecuado de insumos en un laboratorio de análisis de hormonas y niveles séricos.

Debido a que el laboratorio cuenta con una certificación con la NMX-CC-9001 y acreditación bajo la NMX-EC-15189, se realizó un análisis de la éstos estándares para determinar los requisitos necesarios para la operación del procedimiento, adicionalmente, se determinó que para el uso del software Microsoft Excel en los cálculo del análisis de la demanda, pronósticos e inventarios, es necesario validar las hojas de cálculo, por lo que se elaboró un procedimiento y se realizó dicha validación.

## **ABSTRACT**

In this work a procedure is develop for the inventory control , using demand analisys and mathematical models; that allow reduction of costs and adequate supplies control in a laboratory of analysis of hormones and serum levels.

The laboratory has a certification with NMX-CC-9001 and accredited under NMX-EC-15189, an analysis of these standards was performed to determine the necessary requirements for the operation of the procedure, it was determined that for the use of sheets in Microsoft Excel, should be validated, so additionally a procedure was developed and validated.

# INTRODUCCIÓN.

## LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

A pesar de que la historia de la industria que data de varios siglos, es a partir del siglo XIX cuando se torna posible identificar el nacimiento de una práctica farmacéutica como Industria. En Europa, a partir de 1860, y gracias a la Primera Guerra Mundial se inicia su expansión. Este desarrollo continúa hasta la década de los setenta, cuando los productos químico-farmacológicos empiezan a menguar debido a la dificultad en el proceso de desarrollo e investigación.

Europa y América del Norte se convirtieron en los principales productores. La competencia, innovación, demanda mundial, facilidades que ofrecen los mercados y los reglamentos internacionales y nacionales se convirtieron en factores importantes para el desarrollo de las empresas pertenecientes a esta industria.

El progreso de esta industria resultó ser mayor en los países desarrollados que lograron contar con una sólida industria química, tal fue el caso de Estados Unidos, Inglaterra, Suiza, Francia y Alemania, los cuales son exportadores de materia primas farmacéuticas que producen a granel y distribuyen internacionalmente.

Mientras tanto, los países que no han desarrollado una industria química sólida tienen las limitantes de tener prácticas restrictivas, discriminación de precios y el manejo de un sistema internacional de patentes como instrumento del mercado. En países como Argentina, Brasil, Israel e India, tienen la capacidad de producir diversas materias primas y la fabricación de productos finales; sin embargo, la mayoría de las materias primas proviene de la importación. El producto terminado usualmente es enviado a países de menor capacidad industrial.

Para aquellos países que no cuentan con una industria apta para satisfacer sus necesidades, se requiere hacerlo por medio de importaciones, lo que genera una relación de dependencia hacia los países proveedores, favoreciendo así el desarrollo y el mantenimiento de oligopolios por parte de las farmacéuticas.

## LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA EN MÉXICO.

En México, en el año 2008, existían 224 laboratorios de medicamentos o productos biológicos, pertenecientes a 200 empresas (46 de ellas forman parte de consorcios o industrias con capital mayoritariamente extranjero y las restantes son de accionistas predominantemente mexicanos). Además de lo anterior y, sobre todo, por su contribución a la salud de la población, esta industria genera un efecto multiplicador favorable; por ejemplo, en promedio, entre 1993 y 2014 aportó poco más del 4% del Producto Interno Bruto (PIB) manufacturero en México. (KPMG MÉXICO, 2008), (KPMG MÉXICO, 2017).

Además de tratarse de una rama altamente especializada, la industria farmacéutica genera un impacto directo en 161 ramas de la actividad económica, también generan alrededor de 74,000 empleos directos, 310,000 indirectos. (KPMG MÉXICO, 2017).

El aumento de las importaciones se ha visto favorecido por la innovación internacional en los productos farmacéuticos en donde México no puede competir, ya que la mayoría de la inversión en tecnología está enfocada al mejoramiento de los procesos de producción, más que en la investigación. México todavía carece de los recursos para atraer a los fabricantes farmacéuticos de la esfera de la industria que se basa en investigación y desarrollo. En la actualidad, 90% de las exportaciones farmacéuticas mexicanas son materias primas, mientras que las importaciones de productos finales han crecido en 50% del total de las importaciones. (Comité de Competitividad, 2010).

En 1986, con la incorporación de México al Acuerdo General sobre Comercio y Aranceles (GATT, por su nombre en inglés), se acordó la disminución de aranceles de las materias primas y de los ingredientes activos farmacéuticos (IAF) de importación y la desgravación paulatina de aquellos que se fabricaban en el país. Además, simultáneamente se eliminó la negación del permiso de importación si había producción nacional. Como consecuencia, muchos insumos se empezaron a adquirir en otros países en los que por diversos motivos era económicamente ventajoso, mientras que ciertas materias primas (productos intermedios) necesarias para la fabricación de IAF siguen teniendo aranceles (0.7 a 5% en fracciones arancelarias 20 y 30 [1]) a pesar de que no se elaboran en México. (Comité de Competitividad, 2010).

La Industria Farmacéutica en México tiene una vigilancia muy estricta por lo delicado de sus actividades, desde las etapas de investigación, desarrollo, aprobación sanitaria, promoción, venta y seguimiento de productos, hasta la operación, socios comerciales y otros sectores involucrados, la entidad encargada de su vigilancia es la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios.

## **CONTROL INTERNO**

Desde los pueblos antiguos acostumbraban a almacenar cantidades grandes de alimentos para utilizarse en tiempos de sequía, inundaciones u otras inclemencias. Así es como nace la importancia de los inventarios, como una forma de almacenamiento de bienes y alimentos para sobrevivir.

En los antiguos imperios europeos, hacia los años 747 y 814, comenzaron a ejercer las primeras formas de control, donde los soberanos exigían a dos escribanos diferentes, evidencia del mantenimiento y vigilancia de sus cuentas y bienes, a manera de control para evitar desfalcos. Posteriormente hacia el año 1319, Felipe V daría a su cámara de cuentas, poderes administrativos y jurisdiccionales para el control de negocios financieros.

Mediante el desarrollo comercial entre los pueblos de Egipto, Fenicia, Siria y otros países de Medio Oriente, se implementó la contabilidad por partida simple, éstas eran sencillas debido a la reducida cantidad de operaciones, razón por la cual cada individuo podía ejercer su propio control. Sin embargo, debido al incremento del comercio en las ciudades italianas alrededor de los años 1400, se produjo una evolución de la contabilidad y los registros de las transacciones.

---

<sup>1</sup> La fracción arancelaria es la forma de identificar a un producto que ingresa del extranjero para el cobro de aranceles, está compuesto de vario dígitos asignados para capítulos, partida, subpartida y fracción. En este caso nos referimos al capítulo 29 de productos químicos orgánicos y al 30 de productos farmacéuticos

A mitad del siglo XVIII, en Inglaterra, al inicio de la Revolución Industrial, se introdujeron máquinas que eran manipuladas por varias personas para la elaboración de artículos industriales, dificultando los procesos de producción, dando como resultado la necesidad de controlar las operaciones.

En 1862, la ley Británica de Sociedades Anónimas, reconoció la Auditoría como profesión, al mismo tiempo, entre 1862 y 1905, la profesión de Auditor creció y su objetivo era detectar el fraude. Así mismo, en Estados Unidos, alrededor de 1900, su objetivo era la revisión independiente de los asuntos financieros y de los resultados de las operaciones. A partir de este momento, se desarrolló la Auditoría como un proceso integral y de asesoría al interior de las empresas afianzando el desarrollo de un sistema de control propio para cada una de ellas.

A finales del siglo XIX, como resultado del crecimiento de la producción, los propietarios tuvieron la dificultad de atender personalmente los problemas administrativos, comerciales y productivos, razón por la cual tuvieron que delegar actividades, apoyando a la creación de sistemas y procedimientos que previeran o disminuyeran fraudes o errores. Así nace el control, para asegurar y constatar que los planes y políticas preestablecidas se cumplan tal como fueron fijadas.

## **LABORATORIOS DE ANÁLISIS CLÍNICOS**

El desarrollo de los métodos analíticos depende de las nuevas tecnologías emergentes y sus aplicaciones en el laboratorio clínico. Por ejemplo, los primeros métodos fueron los gravimétricos, que surgieron gracias a la aparición de las primeras balanzas con un grado de exactitud suficiente. Después, la aparición de instrumentos de cristal bien calibrados permitieron el desarrollo de métodos volumétricos. La invención del fotómetro significó la introducción de métodos basados en la absorción de luz por una sustancia coloreada

La aparición en el transcurso del siglo XX, de equipos que permiten la separación selectiva de los componentes de una muestra, como es el caso de la cromatografía y la electroforesis, la introducción de los electrodos para medición electrométrica, el desarrollo de los procedimientos de inmunoanálisis, y la entrada de los analizadores químicos y hematológicos, así como la automatización de casi todos los procesos del laboratorio (con la excepción de la toma de muestras), son algunos ejemplos del incesante desarrollo de la tecnología aplicada al diagnóstico clínico. (Prada Quesada, 2010).

En las últimas décadas, los laboratorios de análisis clínicos han presentado un conjunto de cambios, los cuales, cada vez están más presentes para ayudar a los médicos a proveer de información de gran valor para el diagnóstico y evaluación del estado de salud de las personas, como pueden ser:

- Gracias a los avances tecnológicos, se ha permitido llevar a cabo un gran número de pruebas sin descuidar la calidad de los resultados.
- Los sistemas computacionales ayudan al manejo eficiente de un gran número de información de manera rápida y segura.
- La integración de nuevas pruebas de diagnóstico más eficientes y eficaces en las áreas de conocimiento de los laboratorios.
- Se tienen las condiciones necesarias para que la muestra pueda viajar a dónde será analizada.

- La participación de los profesionales del laboratorio optimizando las evaluaciones, para que éstas puedan ayudar a obtener diagnósticos y tratamientos aptos para mejorar el estado de salud de los pacientes.
- Renovar el manejo de los recursos y proporcionar una mejor oferta de servicios y atención al paciente.

## **MEDICAMENTOS E INSUMOS.**

La disponibilidad y el acceso a los medicamentos e insumos constituyen uno de los aspectos medulares de todo sistema de salud. Estos conceptos adquieren cada vez mayor relevancia debido al incremento en el costo de la atención médica, a la demanda de acciones para mejorar la eficiencia en la provisión de servicios de salud, así como por los problemas de abasto que se han manifestado en las entidades de seguridad social en años recientes. Ésta es una responsabilidad compartida entre el sector privado y público, agrupando aspectos como la fabricación y distribución.

Uno de los responsables del acceso a los medicamentos es el Estado, es decir, garantizar que los medicamentos estarán disponibles en el momento y lugar requerido. Estos aspectos son importantes para todos los sistemas de salud que pretenden garantizar el acceso a los medicamentos.

La problemática sobre la disponibilidad de medicamentos e insumos farmacéuticos en México es muy distinta en el mercado privado respecto al sector público. La disponibilidad en el mercado privado es satisfactoria. La disponibilidad de los medicamentos e insumos farmacéuticos en las instituciones del sector público es insatisfactoria. La crisis de disponibilidad en instituciones públicas se ha venido corrigiendo gradualmente en términos razonables, pero a pesar de esto sigue siendo insatisfactoria. En el sector público los problemas que limitan la disponibilidad son múltiples: restricciones presupuestarias, dificultades en el proceso administrativo de compra y distribución ineficaz, entre otros aspectos. Los procedimientos de adquisición afectan el costo y la disponibilidad en las instituciones de salud. El sector público recurre a sus propios sistemas de compra, almacenamiento y distribución para que el medicamento y los insumos lleguen a sus centros de dispensación. Dichos sistemas se han rezagado respecto a los que utiliza el sector privado en materia de organización y logística. Las prácticas que se siguen para determinar los requerimientos de suministro en las instituciones de salud ocasionan con frecuencia que los inventarios no correspondan con las necesidades reales del centro, lo que se traduce en un costo sustancial para el sistema de salud, pues inventarios excesivos generan altas tasas de caducidad e insuficiente disponibilidad. El contraste entre el surtimiento satisfactorio en el mercado privado y uno insatisfactorio en las instituciones es bastante notorio, surgiendo como problema fundamental a resolver la disponibilidad. Resulta evidente que los problemas de disponibilidad no se deben a deficiencias en el sistema de distribución, sino básicamente a los procesos de planeación, adquisición, distribución y dispensación en las instituciones de salud. (Comité de Competitividad, 2010).

## **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.**

Un Hospital es considerado como uno de los principales centros dedicados al estudio de las ciencias neurológicas. Fue concebido inicialmente como una institución donde se desarrollan con la misma importancia académica las tres principales divisiones de las neurociencias clínicas: Neurología, Neurocirugía y Psiquiatría. Dentro de la organización interna del hospital, se encuentra el laboratorio de hormonas y niveles séricos, el cual está certificado con la NMX-CC-9001 y acreditado bajo la NMX-EC-15189.

La manera en la que el laboratorio adquiere los insumos es mediante una licitación anual. Para poder realizar la licitación, el laboratorio debe establecer las cantidades de insumos que va a solicitar, y a su vez, no debe exceder el presupuesto que tiene designado. El cálculo de insumos necesarios se hace de manera empírica, no se cuenta con una metodología que permita pronosticar una demanda y así determinar las cantidades adecuadas, de este modo, se corre el riesgo de no tener material suficiente para la realización de los análisis solicitados por los médicos, teniendo una repercusión directa en la salud de los pacientes. Por otro lado, también se puede presentar el caso de que se soliciten más insumos de los que en realidad se requieran generando así pérdidas económicas para este hospital.

A pesar de que el laboratorio cuenta con un Sistema de Gestión de la calidad, no se encuentra definida ninguna política de inventarios, lo que provoca que no se encuentren disponibles los materiales necesarios para brindar los servicios de manera adecuada.

Además, el proveedor surte cada mes los materiales y las cantidades que el laboratorio le indica; al no tener una planeación adecuada, muchas veces el material es insuficiente para cubrir las necesidades de los pacientes, y como ya se había mencionado, puede repercutir en problemas de salud para los usuarios y económicos del hospital.

## **OBJETIVO.**

El objetivo de este trabajo es desarrollar un procedimiento acorde a lo establecido en las normas NMX-CC-9001 y NMX-EC-15189 que permita, a través de un modelo de control de inventarios de insumos en el laboratorio de hormonas y niveles séricos del Hospital, minimizar los costos de inventario, evitando tener un déficit de insumos en el laboratorio.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

1. Presentar algunos modelos de series de tiempo que permitan hacer pronósticos certeros de la demanda de cada uno de los insumos requeridos por el laboratorio.
2. Establecer un modelo adecuado para el control de inventarios del laboratorio.
3. Diseñar un procedimiento para implementar la política óptima de inventarios.
4. Aplicación del procedimiento desarrollado al caso de un laboratorio de análisis clínicos.

## **JUSTIFICACIÓN.**

En muchos casos, se encuentran negocios que no hacen un buen trabajo al administrar sus inventarios. En ocasiones, no colocan sus pedidos de reabastecimiento con suficiente anticipación para evitar faltantes. Tener demasiado inventario es tan problemático como disponer de poco. Demasiado, implica costos adicionales e innecesarios relacionados con el almacenaje, seguros, impuestos y los correspondientes al deterioro u obsolescencia de los artículos que se mantienen en existencia. Dichos costos son crecientes con el aumento del inventario.

No todas las organizaciones requieren administrar inventarios, sin embargo, es importante analizar los efectos que tendría para cada empresa o institución, no contar con una política de inventarios adecuada a sus objetivos y funciones. Por ejemplo, los fabricantes necesitan un inventario de materias primas para manufacturar los productos, también se debe almacenar producto terminado en espera de ser enviado. Así mismo, las tiendas y distribuidores deben realizar un análisis para determinar que productos que deben tener en inventario para los consumidores que lo soliciten y aquellos que deben tener un tiempo de espera para la entrega.

Ya que los inventarios son una en algunas ocasiones una inversión considerable de recursos financieros, las decisiones que tienen que ver con las cantidades son significativas. Los modelos de inventario y la descripción matemática de los sistemas de inventario constituyen una base para la toma de estas decisiones. Además, La aplicación de las técnicas y políticas de inventarios proporciona una herramienta poderosa para lograr una ventaja competitiva.

Los inventarios suministran un nivel de disponibilidad del producto o servicio que, cuando se localiza cerca del cliente, puede satisfacer sus expectativas por la disponibilidad del producto. (Ballou, 2004). Para el caso de aplicación, al ser un hospital que atiende casos neurológicos, psiquiátricos y neurocirugías, los resultados de los análisis de niveles séricos y hormonas son importantes para ayudar al médico a tener un diagnóstico y un seguimiento más preciso; se debe tomar en cuenta que el principal problema de falta de insumos repercute de manera directa con la salud de los pacientes. Por lo que entre las ventajas de las políticas de inventarios esta tener un mínimo de inversión, mantener un nivel de existencia que permita que las operaciones no se detengan por faltantes, descubrir a tiempo los insumos que no tienen movimiento, los que se han deteriorado o caducado.

## **REVISIÓN DE LITERATURA.**

La administración de inventarios es un área de conocimientos que se ha extendido desde ya hace varias décadas. Desde que Harris propuso en 1915 el modelo de lote económico, muchos autores se han dado a la tarea de resolver distintos problemas de inventarios. El objetivo de estos modelos es establecer la política óptima de control de inventarios, determinando la cantidad a pedir y el periodo de tiempo en el que será suministrada al menor costo posible.

Por tanto, se puede considerar que los problemas de abasto y control de los inventarios son temas en constante evolución, y que son atendidos por investigadores mediante modelos más complejos.

El comportamiento de la demanda es importante para la selección de la técnica de pronóstico, ya que se debe buscar aquel que se ajuste y proporcione una estimación más acertada. En 1972, Croston propuso un método para pronosticar productos con demanda volátil, y determinar la probabilidad de que ocurra o no la demanda y calcular el posible tamaño de demanda. Autores como Snyder, quien en el 2002 hace una adaptación de suavización exponencial que incluye procesos de Bernoulli para tomar la naturaleza esporádica de la demanda. Se realiza modificación al método propuesto por Croston y son evaluadas basándose en el sesgo de control. (Teunter & Sani, 2009).

Linsey y Pavur, en el 2009 propusieron una técnica para la predicción de la demanda con productos de lento movimiento y periodos de demanda cero, mediante la evaluación de intervalos de confianza por medio de un software.

En el 2010, Wallstrom y Segererstdt proponen herramientas y modelos para evaluar la previsión del error, ellos consideran el método Croston es la mejor opción para el suavizado exponencial simple. Pinçe y Dekker, 2011 formularon un modelo de control de inventarios de artículos de lento movimiento sujetos a la obsolescencia, Chevreux, (2010) propone que una estrategia más efectiva para la gestión de productos de lento movimiento sería mantener toda la gama de productos, aunque sea en pequeñas cantidades, esta estrategia es implementada en una empresa manufacturera y los resultados demostraron que ocurre un aumento en las ventas.

Factores clave como los costos de faltantes o la tasa de llenado mínimo fueron considerados por Jaarsveld y Dekker (2011) para determinar el número de piezas de repuesto en inventario. Debido a que una dificultad con este enfoque radica en la estimación de estos costos, los autores proponen estudios para determinarlos usando datos obtenidos con el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). Silver, Pike y Peterson (1998) explican cómo se determina el punto de orden y la cantidad a ordenar en sistemas para ítems clase A de bajo movimiento, los costos de inventario, los casos en que se penaliza un pedido pendiente, el tiempo en espera y las implicaciones que dependen de las variaciones en la cantidad a ordenar Q. (Cortés & Morales, 2012)

Los modelos de inventario más recientes enfocan sus esfuerzos a coordinar el tamaño de lote económico de producción/pedido que satisfaga las necesidades del cliente y el proveedor. El papel que juegan dichos modelos radica en la posibilidad de atender problemas de inventarios en contextos más amplios de análisis, como es el caso de las cadenas de suministro internacionales, constituidas por empresas localizadas en diferentes partes del mundo. El uso y aplicación de ese tipo de modelos ha permitido mayor visibilidad de la cadena de suministro, y ayuda a la toma de decisiones coordinadas sobre el abastecimiento y control de los inventarios. (Jiménez Sánchez, Estado del arte de los modelos matemáticos para la coordinación de inventarios en la cadena de suministro, 2015).

Por parte de la logística empresarial, la gestión comprende la administración de recursos, operación y ejecución coordinada de las tareas logísticas, por lo que la coordinación de actividades logísticas es un formalismo que no se da por sí sólo, se debe encontrar mediante la gestión de los procesos del negocio.

## **METODOLOGÍA.**

En el capítulo 1, se presentan propiedades de la demanda y de los modelos de pronósticos, errores y selección de modelos. En el capítulo 2, se mencionan los aspectos importantes, estrategias, de los modelos de inventarios, así como la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar si los datos analizados provienen de una distribución normal. Como el laboratorio se encuentra certificado con la NMX-CC-9001 y acreditado bajo la NMX-EC-15189, se analizaron los requisitos de éstos estándares en el capítulo 3. La aplicación de todo lo anterior a un laboratorio de análisis de hormonas y niveles séricos se encuentran en el capítulo 4. Después se presentan los resultados y conclusiones. En los anexos se encuentran los procedimientos que se realizaron, los cálculos, las validaciones y documentos de referencia.

# CAPÍTULO 1. ANÁLISIS DE LA DEMANDA Y MÉTODOS DE PRONÓSTICO.

## 1.1 PRONÓSTICO DE LA DEMANDA

El pronóstico es un proceso de estimación de un acontecimiento futuro, proyectando datos del pasado. Los datos del pasado se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro. (Adam & Ebert, 1992).

Para poder realizar el pronóstico de la demanda, debemos partir de datos generalmente provenientes del área de ventas o compras, para el caso del laboratorio de las solicitudes de estudio, pero para que los datos sean útiles, se debe estar seguro que reflejan la situación real. Si no existen datos o recolectarlos es costoso, se debe usar un enfoque de pronósticos que no los requiera.

Por supuesto se debe tomar en cuenta que los problemas principales para los pronósticos son el marco de tiempo, nivel de detalle y la exactitud. En caso de decisiones a largo, por ejemplo, si se decide abrir una nueva planta, se basará en la tendencia de los pronósticos de varios años y no solamente en una estimación de la demanda. En caso de decisiones a mediano plazo, por ejemplo, reasignar capacidad extra a una planta, no se requiere conocer la demanda de los artículos de manera individual, más bien de un grupo de artículos que comparten procesos de producción. Para las decisiones de corto plazo, se requieren utilizar datos reales de unidades de producto, el periodo de tiempo puede ser semanal, mensual o trimestral. Para cada tipo de decisiones se requiere diferente tipo de exactitud y nivel de detalle.

Por último, se debe considerar que el pronóstico elaborado, usualmente es un valor que representa estimación media o más probable, sin olvidar que puede tener variaciones que no se pueden controlar, causadas por una componente aleatoria o ruido. Los pronósticos deben ser suficientemente flexibles para adaptarse a los errores, por lo que se podría considerar calcular un intervalo de predicción.

## 1.2 LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL PRONÓSTICO.

Pronosticar es prever el comportamiento que presentará un acontecimiento futuro, implicando el uso de datos históricos (en caso de contar con la información) y algún modelo matemático. Los pronósticos son importantes porque apoyan decisiones en muchas áreas, por ejemplo:

- **Recursos humanos.** La contratación, despido y capacitación de personal dependen de la demanda. Si se requiere contratar personal de manera imprevista, la capacitación del personal se ve afectada, dando como resultado la disminución de la calidad de la fuerza de trabajo.
- **Capacidad de proceso.** Cuando no se tiene la capacidad adecuada, puede significar entregas incumplidas, desencadenando una pérdida de clientes. Por otro lado, una capacidad excesiva implica un aumento de costos.

- **Administración de la cadena de suministro.** Las relaciones con el proveedor y ventajas de precios dependen de pronósticos adecuados, sin olvidar por supuesto, una adecuada logística.

A pesar de las ventajas que ofrecen los modelos de pronóstico, se debe tener en cuenta que no son perfectos, lo que quiere decir que hay factores externos que no se pueden pronosticar o controlar, y que la mayoría de las técnicas suponen la existencia de una estabilidad en el sistema, por lo que se deben vigilar aquellos productos que presentan una demanda variable.

### **1.3 ENFOQUES DE PRONÓSTICOS.**

Hay dos enfoques generales para realizar pronósticos: métodos cuantitativos y cualitativos. Los métodos cuantitativos utilizan una gran variedad de modelos matemáticos basados en datos históricos y variables explicativas y los pronósticos cualitativos o subjetivos incorporan variables como la intuición, experiencia personal (es importante mencionar que se debe tener un conocimiento del comportamiento del caso de estudio).

Como ejemplo de los modelos cualitativos se puede mencionar el jurado de opinión ejecutiva, Método Delphi, composición de la fuerza de ventas, encuestas en el mercado de consumo, entre otros.

Los métodos cuantitativos se dividen en:

- Modelos de serie de tiempo. Predicen bajo la suposición de que el futuro es una función del pasado (Heizer & Render, 2004), por ejemplo: promedios móviles, suavizado exponencial y proyección de tendencias.
- Modelo asociativo. Incorporan las variables explicativas que pueden o no influir en la variable que se desea explicar. (Heizer & Render, 2004), por ejemplo: regresión lineal.

### **1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA EN EL TIEMPO.**

Para los datos históricos, se puede hacer un análisis mediante series de tiempo, se elaboran gráficas con los datos de la demanda contra una escala de tiempo. Por medio de la gráfica se descubren formas y comportamientos (forma general de la serie de tiempo, la forma general de su tendencia) compatibles, por ejemplo, una tendencia constante o un modelo de temporada. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de tendencias

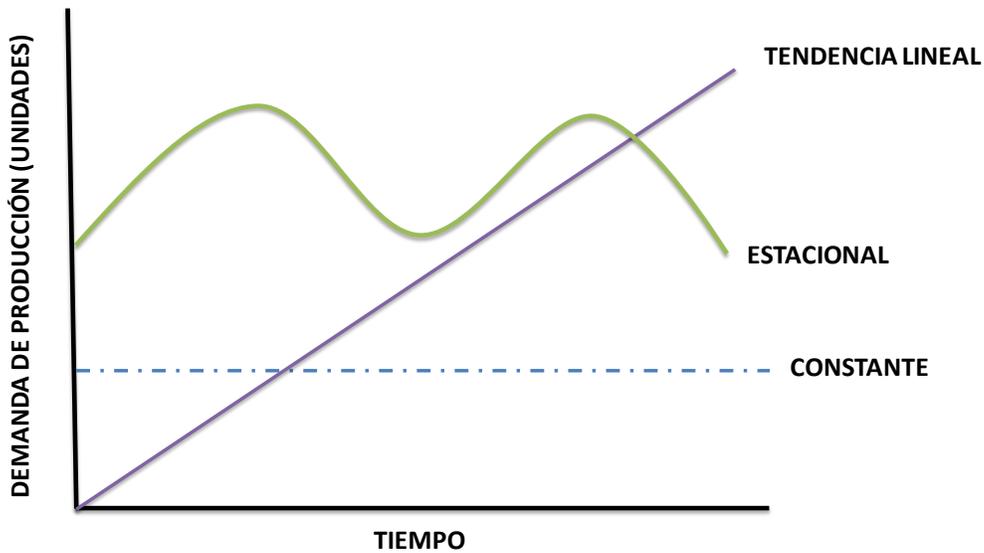


Figura 1. Patrones de la demanda (Adam & Ebert, 1992)

Algunos puntos no se encuentran dentro de las líneas de tendencia, aunque tienden a agruparse alrededor de ella; para describir este comportamiento se emplea el término ruido. El ruido bajo es cuando los datos se dispersan alrededor de un patrón, mientras que el ruido alto o fuerte indica que los puntos están dispersos; como se muestra en la Figura 2. La presencia de ruido en la demanda puede disfrazar la tendencia, es decir, el patrón de comportamiento. El término estabilidad se emplea cuando una serie de tiempo conserva la misma forma a través del tiempo. Las demandas son más fáciles de pronosticar cuando se presenta un patrón estacionario (estable) que cuando es dinámico (inestable).

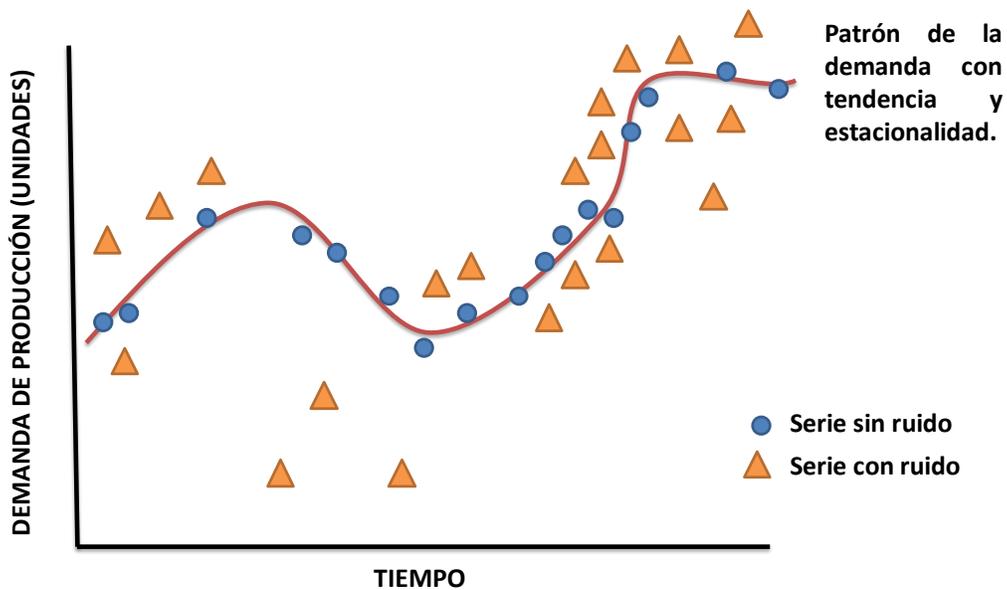


Figura 2. Ruido en la demanda (Adam & Ebert, 1992)

### 1.4.1 DEMANDA DEPENDIENTE E INDEPENDIENTE.

La demanda de un producto o servicio es dependiente cuando está relacionada con la demanda de otro producto o servicio, de manera contraria, es independiente cuando no existe ninguna interrelación.

Cuando existe una demanda dependiente, sólo es necesario hacer el pronóstico del producto o servicio principal, ya que los demás están relacionados con esta predicción. Si los productos son independientes, se debe hacer un pronóstico para cada uno de ellos.

### 1.5 ERROR EN EL PRONÓSTICO.

Cuando se realiza la evaluación de los distintos métodos de pronóstico, se necesita conocer una medida de efectividad, el error en el pronóstico es un mecanismo ampliamente utilizado. Se define como: "La diferencia numérica entre la demanda pronosticada y la real", (Adam & Ebert, 1992).

$$\text{Error en el pronóstico} = (\text{Demanda real}) - (\text{Demanda pronosticada})$$

Desviación media absoluta. En cada uno de los periodos (i) se compara la demanda actual contra la pronosticada, mediante el uso de valores absolutos, es valiosa, porque mide la dispersión de un valor observado en relación con un valor esperado. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |\text{Demanda pronosticada}_i - \text{Demanda real}_i|}{n}$$

Es importante considerar que la desviación media absoluta (por sus siglas en inglés, MAD) es un promedio de desviaciones absolutas, por lo que sólo nos indica la dimensión del error, más no su dirección.

**Error cuadrático medio.** Es el promedio de los cuadrados de las diferencias entre los valores pronosticados y la demanda real.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Error en el pronóstico})_i^2}{n}$$

Una desventaja de este error es que tiende a acentuar las desviaciones importantes debido al término al cuadrado. (Heizer & Render, 2004).

**Error porcentual absoluto medio.** Es el promedio de las diferencias absolutas entre los valores pronosticados y los valores reales y se expresa como porcentaje de los valores reales:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{|\text{Demanda real}_i - \text{Demanda Pronosticada}_i|}{\text{Demanda real}_i} \right)}{n} 100$$

## 1.6 MODELOS PARA EL CÁLCULO DE LOS PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA.

### 1.6.1 MODELOS BÁSICOS.

Para estos modelos, se usan datos históricos para generar un pronóstico, es útil si podemos suponer que la demanda permanecerá estable a través del tiempo. Hay diversas maneras de construir los modelos básicos:

**Último dato.** Uno de los modelos más sencillos es usar el último dato como pronóstico para el siguiente periodo. El problema de este modelo es la variación inherente. Si el último dato de la demanda es alto, el pronóstico será alto, si el siguiente dato también es una demanda alta, el pronóstico será bueno, sin embargo, si es baja, el pronóstico será malo.

**Promedio simple.** Es un promedio de los datos de la demanda, en el cual los datos tienen el mismo peso:

$$\text{Promedio simple} = \frac{\sum_{t=1}^n (D_t)}{n}$$

En donde:

n: número de datos.

$D_t$ : Demanda en el tiempo t

Los promedios se ocupan para detectar la tendencia central de la demanda. La demanda de cualquier periodo quedará dispersa alrededor de la tendencia central. Si se obtiene el promedio de las demandas anteriores, las demandas altas tenderán a estar equilibradas por las demandas bajas, dando como resultado un modelo más representativo. El promedio reduce el error producido por las fluctuaciones de la demanda, pero si la tendencia cambia, el promedio no podrá detectarlo.

**Promedio móvil simple.** Combina los datos de la demanda de los periodos más recientes, siendo el promedio el pronóstico para el periodo siguiente. Se puede emplear una media móvil de entre 3 a 20 periodos, pero una vez escogido el número de periodos, se debe continuar usando el mismo número. Se les dan el mismo peso a todos los periodos seleccionados. El promedio se mueve a través del tiempo, es decir, la demanda más antigua se descarta y se sustituye por la demanda más nueva.

$$\text{Media móvil simple} = \frac{\sum_{t=1}^n D_t}{n}$$

En donde:

n: número de datos del promedio móvil

$D_t$ : Demanda en el tiempo t

$t=1$  es el periodo más antiguo en el promedio de  $n$  periodos

$t=n$  es el periodo más reciente

Aun cuando la media permanezca constante, el promedio móvil cambiara debido al ruido. El ruido afecta en menor proporción a una “ $n$ ” grande y en mayor proporción a una “ $n$ ” pequeña.

## 1.6.2 SUAVIZADO EXPONENCIAL

El suavizado exponencial se distingue por la manera en que da pesos a las demandas anteriores al calcular los promedios. Las demandas más recientes reciben un peso mayor, los pesos de las demandas anteriores caen de manera exponencial. Otra característica especial es la opción de no ocupar muchos datos. (Sipper & Bulfin Jr., 1998)

**Suavizado exponencial de primer orden.** La ecuación utiliza la demanda real para el periodo más reciente y el pronóstico más reciente:

$$F_t = \alpha(D_t) + (1 - \alpha)(F_{t-1})$$

En donde:

$F_t$ : Pronóstico de la demanda

$F_{t-1}$ : Pronóstico más reciente

$D_t$ : Demanda en el tiempo  $t$

$\alpha$ : Constante de suavizamiento

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

Después de que se termina el periodo  $t-1$ , se conoce la demanda actual ( $D_t$ ). Al inicio del periodo “ $t-1$ ”, se hizo el pronóstico ( $F_{t-1}$ ) de la demanda. Por lo tanto, al final de “ $t-1$ ” se tienen las dos informaciones que se necesitan para calcular el pronóstico de la demanda para el próximo periodo ( $F_t$ ). (Adam & Ebert, 1992).

Selección del coeficiente de suavización. Para este modelo se tiene el problema de la selección del coeficiente, la cuál es crítica. Debido a que un gran peso de  $\alpha$  Un elevado coeficiente sería adecuado para productos nuevos o para casos en que la demanda es dinámica. Si la demanda es muy estable, se podría optar por un valor menor para disminuir cualquier ruido que pudiera presentarse.

En la Figura 3 Selección de coeficiente de suavización, se ilustra el resultado de un pronóstico para dos distintos coeficientes de suavización para series inestables de demanda. El modelo de suavizado exponencial con el volumen mayor de  $\alpha$  da mejores resultados; se adapta de una manera más rápida al cambio de la demanda que el modelo que se tomó el valor más bajo de  $\alpha$ . (Adam & Ebert, 1992)

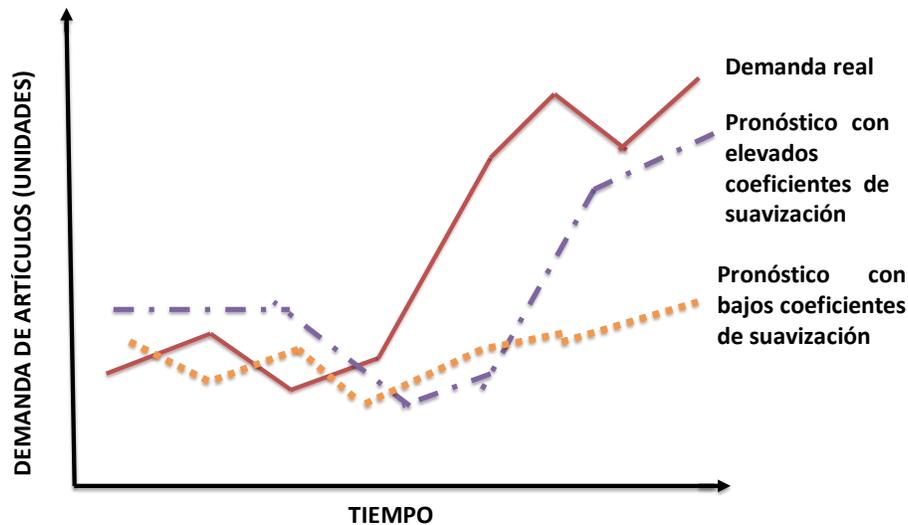


Figura 3. Selección de coeficientes de suavización.

**Suavizado exponencial doble.** Si se tuviera que pronosticar un modelo con tendencia usando suavizamiento exponencial simple, el pronóstico tendría una reacción retrasada al crecimiento, entonces el pronóstico tendería a subestimar la demanda real. (Sipper & Bulfin Jr., 1998). Este modelo tiende a suavizar el ruido en series de demanda:

$$F_t = \alpha(F'_t) + (1 - \alpha)(F'_{t-1})$$

donde:

$F_t$ : Pronóstico

$F'_t$ : Pronóstico por suavizado en el tiempo t

$F'_{t-1}$ : Pronóstico por suavizado exponencial en el tiempo t-1

$\alpha$ : Constante de suavizamiento

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

**Suavizado exponencial con ajuste de tendencia.** Los pronósticos suavizados exponencialmente se pueden corregir agregando un ajuste a la tendencia, por lo que se necesitan dos constantes de suavizamiento. Se calcula un suavizado exponencial de los datos, la segunda constante reduce el impacto del error que ocurre entre la demanda real y pronosticada. Si no se incluyeran estas constantes, la tendencia reacciona en forma exagerada ante los errores. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

$$F_t = F_{t-1} + T_t$$

En este modelo requiere dos constantes de suavizado,  $\alpha$  para el promedio y  $\beta$  para la tendencia, después se calcula el promedio y la tendencia para cada periodo.

$$F_t = \alpha(D_t) + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(F_t + F_{t-1}) + (1 - \beta)(T_{t-1})$$

donde:

$F_t$ : Pronóstico de la demanda

$F_{t-1}$ : Pronóstico más reciente

$D_t$ : Demanda en el tiempo

$T_t$ : Tendencia exponencialmente suavizada

$T_{t-1}$ : Tendencia exponencialmente suavizada en el periodo t-1

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

$$0 \leq \beta \leq 1$$

**Suavizado exponencial adaptativo.** El proceso adaptable se refiere a la modificación de la constante de suavizamiento " $\alpha$ ", para mantener los errores a un nivel mínimo. Esta constante se modificará con respecto del error absoluto medio cuando el error rebase " $\alpha$ ", ésta se modificará asignando un valor, lo cual permitirá que siempre se mantenga por debajo del valor de " $\alpha$ ". Por ejemplo:

SUAVIZADO EXPONENCIAL ADAPTATIVO, DIFENILHIDANTOINA					
t	Fecha	Solicitudes	Pronóstico	$\alpha$ =	Error absoluto medio
12	dic-14	55.00	60.99	0.24	0.11
13	ene-15	71.00	63.39	0.24	0.11
14	feb-15	47.00	59.46	0.24	0.27
15	mar-15	46.00	55.55	0.29	0.21

Tabla 1. Ejemplo de suavizado exponencial adaptativo.

### 1.6.3 REGRESIÓN LINEAL.

Si se desea pronosticar una variable de respuesta ("y") y el valor de la variable de respuesta está relacionado con un valor observable de una o más variables explicativas("x"), se llama pronóstico causal, porque el valor de la de respuesta está causada, o al menos tiene una correlación alta con el valor de la variable explicativa. Sin embargo, la relación entre las variables no siempre es clara, por lo que, con frecuencia pueden ser útiles las técnicas de regresión lineal. (Sipper & Bulfin Jr., 1998)

$$F_t = a + bX_t$$

**En donde:**

$F_t$ : Pronóstico para el periodo t dado el valor X en el periodo t

a: Ordenada al origen de la variable F

b: Pendiente de la recta

### 1.6.3.1 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN LINEAL.

Es una herramienta estadística que podemos usar para describir el grado en el que la variable esta linealmente relacionada con otra. Dos medidas que describen la correlación es el coeficiente de determinación y el coeficiente de correlación. El coeficiente de determinación se deriva de la relación entre dos tipos de variación: la variación de los valores “y” alrededor de la recta de regresión ajustada y su propia media. (Levin & Rubin, 2004).

Variación de los valores “y” alrededor de la recta de regresión:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2$$

Variación de los valores de “y” alrededor de su propia media:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

Coeficiente de determinación

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Cuando  $r^2$  es cercano a 1, indica una fuerte correlación ente “x” y “y”, mientras que cuando  $r^2$  es cercano a 0, significa que existe poca correlación entre estas dos variables.

### 1.6.4 DESCOMPOSICIÓN MULTIPLICATIVA.

No hay base teórica para los modelos de descomposición multiplicativa, son rigurosamente intuitivos. La idea básica en la que se apoyan son varios factores: tendencia, estacional, cíclico e irregular. Las estimaciones de estos factores se utilizan para describir series temporales, si los parámetros no cambian, las estimaciones se pueden usar para determinar pronósticos puntuales. Es útil para modelar series temporales que manifiestan una variación creciente o decreciente. (Bowerman, O’Connell, & Koehler, 2007)

$$y_t = (TR_t)(SN_t)(CL_t)(IR_t)$$

**En donde:**

$y_t$ : valor observado de la serie temporal en el periodo t

$TR_t$ : el componente (o factor) de la tendencia en el periodo t

$SN_t$ : el componente (o factor) estacional en el periodo t

$CL_t$ : el componente (o factor) cíclico en el periodo t

$IR_t$ : el componente (o factor) irregular en el periodo t

## **1.7 SELECCIÓN DEL MODELO DE PRONÓSTICOS.**

Para determinar el modelo de pronóstico adecuado para cada demanda, se realizará un análisis de tendencia, seguido de un análisis de comparación del error cuadrático medio, para determinar cuál modelo presenta menos error. Los modelos que se usarán son los siguientes:

- **Sin tendencia:** último dato, promedio simple, promedio móvil y suavizado exponencial simple.
- **Con tendencia.** Suavizado exponencial doble, suavizado exponencial con ajuste de tendencia, suavizado exponencial adaptativo, regresión lineal, regresión lineal punto por punto, descomposición multiplicativa.

# CAPÍTULO 2. MODELOS DE CONTROL DE INVENTARIOS.

## 2.1 INVENTARIOS.

Los inventarios son las mercancías o materiales resguardados por una organización con el fin de producir o vender para su utilización en el futuro, generalmente se encuentran en un almacén y son clasificados por categorías

### 2.1.1 NATURALEZA E IMPORTANCIA DE LOS INVENTARIOS

El control de inventarios es un tema importante en el ámbito de la logística, ellos debido a la dificultad de predecir con exactitud la demanda, producción y necesidades de uso. Debido a lo anterior, el inventario sirve como reserva ante la incierta fluctuación del mercado y mantiene una existencia de artículos a disposición de los requerimientos de la organización. Uno de los problemas típicos, por ejemplo, es la existencia de excesos y de faltantes: **“Siempre tenemos demasiado de lo que no se vende o consume, y muchos agotados de lo que sí se vende o consume.”** (Muller, 2005).

Las causas por las que una organización decide mantener un inventario de seguridad no pueden ser eliminadas en su totalidad. El problema radica en la manera de realizar el cálculo de estos inventarios de seguridad y punto de reorden, muchas veces se ocupan promedios de la demanda sin tomar en cuenta la variabilidad, de tal manera que este resultado pierde exactitud. De aquí que surge un error conceptual grave, provocando así inversiones de capital innecesario en caso de caer en un exceso o de manera contraria productos agotados, incurriendo así en otros tipos de costos.

En resumen, el problema de los inventarios se reduce a cuánto y cuándo ordenar, por lo que a continuación se ofrecen algunas estrategias para atenuar estos efectos:

- La generación de información y su disponibilidad ayuda a poder realizar un planeación más fácil y eficaz.
- La consolidación de centros de distribución y bodegas para aumentar los volúmenes de demanda por instalación, ya que más altos volúmenes de demanda conducen generalmente a menores niveles de variabilidad de la misma. (Muller, 2005).
- Buena utilización de las técnicas de pronóstico de la demanda.
- La estandarización de productos y la posibilidad de impregnar la característica final del producto cuando se halla efectuado la compra, de este modo se pueden reducir los costos de almacenamiento.
- Medición adecuada de los tiempos de reposición y su variabilidad.
- Tener un sistema de medición de desempeño y financieros, realizando métricas de procesos y no de funciones o puestos.
- Controlar los excesos de órdenes y compras de grandes de inventario con un movimiento bajo.

## 2.1.2 TIPOS DE INVENTARIOS

Existen tres tipos de inventarios: insumos, material en proceso y productos terminados. El propósito de los inventarios es satisfacer una demanda, en el caso de los insumos y materiales en procesos hablamos de clientes internos, como es el caso de los sistemas de producción logrando así un flujo constante y evitando retrasos por falta de materiales y componentes necesarios. "Esta primera distinción determina que a los inventarios de insumos se les denomine también de demanda dependiente y a los inventarios de producto terminado de demanda independiente, ya que la demanda por insumos dependerá de la planeación del proceso productivo de la empresa, mientras que la demanda de productos terminados no se genera en la empresa, por lo que es independiente de la misma y enfrenta un mayor riesgo" (Muller, 2005).

Es importante considerar estos tipos de demanda, ya que determinan las condiciones para su administración. Mientras que la demanda independiente puede ser planificada con antelación en corto plazo, pero en el caso de la demanda dependiente se tiene una incertidumbre debido a la demanda de los clientes externos.

Debido a las características de cada tipo de demanda, se recomienda usar para la planeación de materiales MRP (Materials Requirements Planning), ya que permite la contar con disponibilidad en el momento en que serán requeridos. Para los productos terminados, se recomienda el uso de inventarios de seguridad, el cual busca establecer el nivel de inventarios que debe estar siempre disponible para proporcionar un determinado nivel de servicio al cliente. En el caso de los inventarios de material en proceso, se deben mantener sus niveles al mínimo, ya que un exceso representa un costo y un mayor esfuerzo para el manejo de materiales. Por supuesto, todo lo anterior depende del sector industrial y tipo la organización.

## 2.2 ASPECTOS QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS.

Los aspectos más importantes que influyen en el diseño de un sistema de administración de inventarios son los siguientes:

- El **ciclo de vida de los productos**. Depende del tiempo que tiene el producto en el mercado, por lo que en la fase de introducción se debe cuidar la existencia en lugares claves que responda a la demanda creciente, mientras que en la fase de madurez se racionalizar los niveles de existencia.

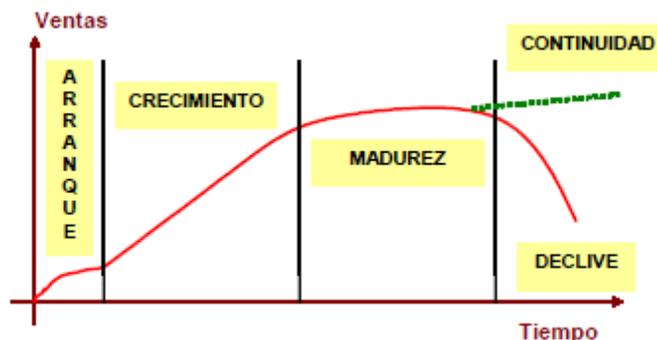


Figura 4. Ciclo de vida de los productos. (Holguín, 2005)

- Las diferencias en la **naturaleza del proceso productivo**, ilustradas en la Tabla siguiente (tipos de sistemas para planeación y control de producción y administración de inventarios), claramente, el principal énfasis del sistema de administración de producción e inventarios depende de dicho proceso.

<b>SISTEMA</b>	<b>NATURALEZA DEL PROCESO PRODUCTIVO</b>	<b>PRINCIPAL ÉNFASIS DEL SISTEMA</b>
Trabajo por órdenes	Bajo volumen de fabricación.	Fabricación para atender una gran cantidad de órdenes diferentes
Tamaño óptimo de pedido (EOQ), punto de reorden.	Sistemas no-productivos	Reducción de los costos de inventario, manteniendo el nivel de servicio del cliente,
EOQ en sistema multi-etapas, punto de reorden	Distribución, sistemas gobernados por capacidad	Alta utilización de la capacidad disponible a costo razonable
Material Requirements Planning (MRP)	Producción por lotes, bajo volumen, ensambles	Coordinación efectiva de materiales
Just in Time (JIT)	Alto volumen repetitivo	Minimización de alistamientos ("set ups") e inventarios, con alta calidad

Tabla 2 Naturaleza del proceso productivo. (Holgún, 2005)

## 2.3 MODELOS DE INVENTARIOS.

Los costos asociados al manejo de inventarios son los siguientes: Costos de mantener el inventario son los que se relacionan con guardar o mantener, por ejemplo: costos de obsolescencia, robo o daño, costos relacionados con el almacenaje (seguros, mano de obra, intereses), etc. Los costos de ordenar son los que implican el proceso de generar una orden. Los costos de preparar se refieren a los asociados con preparar una máquina o un proceso, incluyendo limpieza, mantenimiento, mano de obra y tiempo de preparación. Los costos por faltante se aplican cuando el inventario se ha terminado, por ejemplo, las ganancias perdidas por no generar la venta o por perder a los clientes,

Los modelos de demanda independiente son: Modelo de cantidad económica a ordenar, modelo de cantidad económica a producir y modelos de descuento por cantidad.

### 2.3.1 MODELO BÁSICO DE LA CANTIDAD ECONÓMICA

Este modelo está basado en las siguientes suposiciones:

1. La demanda es conocida, constante e independiente.
2. El tiempo de entrega es constante.
3. El inventario se recibe de manera instantánea y completa.
4. Los costos de mantener el inventario y de preparación son variables.
5. No existen faltantes.

(Heizer & Render, 2004)

A continuación, en la figura 5. Uso del inventario en el tiempo, se presenta el uso de inventario en el tiempo tiene,  $Q$  significa la cantidad a ordenar, cuando llega una orden, el nivel de inventario aumenta de 0 a  $Q$  unidades. La demanda es constante, así que el inventario disminuye de la misma manera. Este proceso continúa a través del tiempo.

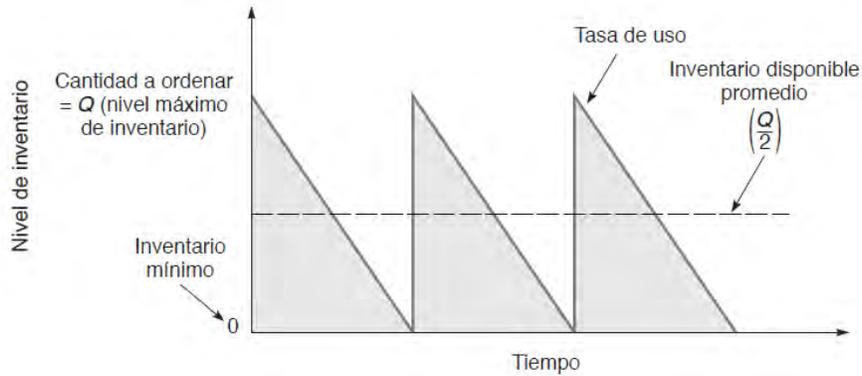


Figura 5. Uso del inventario en el tiempo. (Heizer & Render, 2004)

El objetivo de los modelos de inventarios es minimizar costos, para este caso sería los costos de mantener el inventario y de preparación. Para ayudar a ejemplificar este concepto, la siguiente figura muestra los costos totales en función de la cantidad a ordenar o tamaño de lote  $Q$ . "Conforme aumenta la cantidad ordenada, disminuye el número total de ordenes colocadas por año. Así sí la cantidad ordenada crece, el costo anual de ordenar o preparar decrece. Pero sí aumenta la cantidad ordenada, el costo de mantener también aumenta, ya que se mantiene un inventario promedio mayor. Al reducir los costos de preparación o de mantener, la curva de costo total se reduce. Una reducción en la curva del costo de preparar reduce la cantidad óptima de orden (tamaño de lote) (Heizer & Render, 2004).

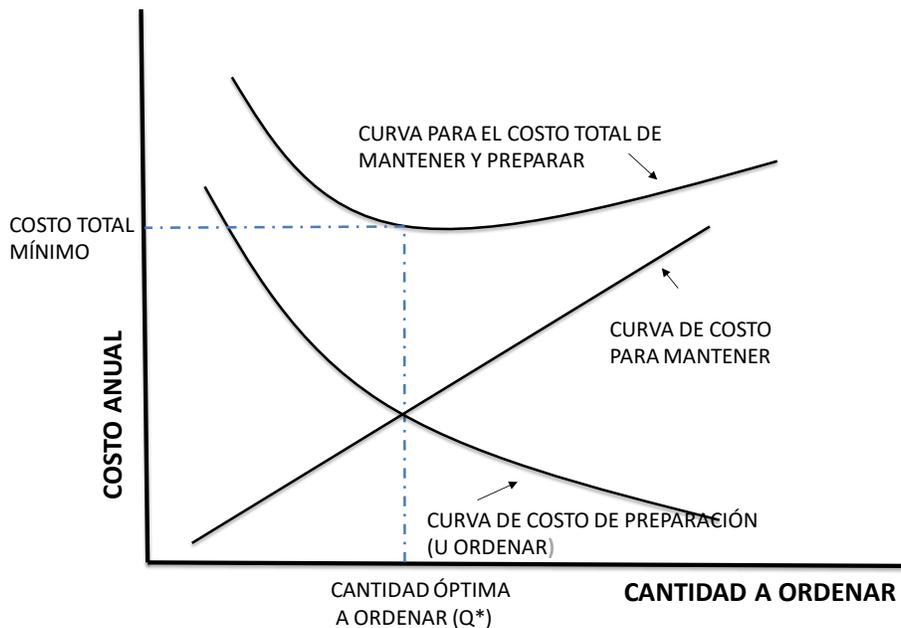


Figura 6. Costo total como función del tamaño de lote (Heizer & Render, 2004).

$$h = ic$$

$$T = \frac{Q}{D}$$

$$I_t = \frac{Q}{2}$$

Costo de compra:  $cQ$

Costo promedio de mantener el inventario:  $\left(\frac{Q}{2}\right)icT = \left(\frac{Q}{2}\right)hT$

Costo promedio por ciclo:  $cQ + A + \left(\frac{Q}{2}\right)hT$

$$A = \left(\frac{D}{Q}\right)S$$

$$K(Q) = \frac{cQ}{T} + \frac{A}{T} + \left(\frac{Q}{2}\right)hT$$

La cantidad óptima a ordenar se encuentra cuando el costo de preparar anual es igual al costo de mantener anual:

$$\left(\frac{D}{Q}\right)S = \left(\frac{Q}{2}\right)(H)$$

Despejando  $Q^*$ :

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$
$$N = \frac{\text{Demanda}}{\text{Cantidad a ordenar}} = \frac{D}{Q^*}$$

En donde:

$Q$ : número de piezas por orden

$Q^*$ : número óptimo de piezas a ordenar

$D$ : demanda anual en unidades del artículo en inventario

$S$ : costo de ordenar o de preparación para cada orden

$h$ : Costo de mantener o manejar el inventario por unidad de tiempo

$i$ : costo de mantener el inventario (%)

$c$ : costo total anual de mantener el inventario

$A$ : Costo por ordenar

$T$ : longitud del ciclo

$I_t$ : Inventario disponible en el tiempo  $t$ .

$K(Q)$ : Costo promedio anual

$N$ : número esperado de ordenes

### 2.3.1.1 PUNTO DE REORDEN.

Aunque en el modelo se considera que la recepción es instantánea, en la vida real es un proceso que puede tardar horas, días e incluso hasta meses, a este lapso se le denomina tiempo de entrega. o tiempo de abastecimiento. Por lo tanto, se debe tomar una decisión de en qué momento realizar una orden, lo que se le conoce como punto de reorden (Reorder point, ROP), es decir, el nivel de inventario en el cual debe colocarse la orden.

$$ROP = (\text{demanda por día}) \left( \begin{array}{l} \text{tiempo de entrega} \\ \text{de nueva orden en días} \end{array} \right) = dL$$

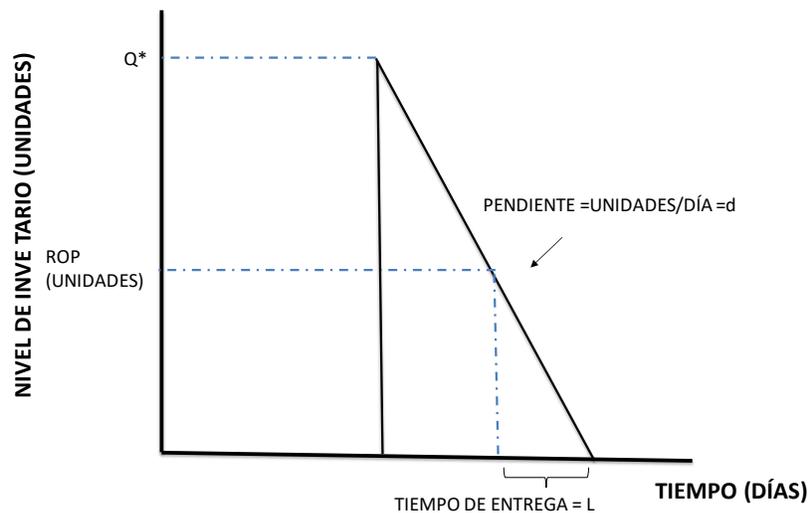


Figura 7. Curva del punto de reorden. (Heizer & Render, 2004)

### 2.3.2 MODELO ESTOCÁSTICO CON REVISIÓN CONTINUA

Estos modelos están diseñados cuando la demanda presenta cierto grado de incertidumbre. El nivel de inventario se supervisa de manera continua, colocando una orden cuando se llega al punto de reorden. Se basa en dos puntos críticos:

- R: punto de reorden.
- Q: cantidad por ordenar.

Siempre que el nivel de inventarios de un producto llegue a R unidades, se coloca una orden de Q unidades para reabastecerlo. Los supuestos del modelo son los siguientes: (Hillier & Lieberman, 2010)

- Cada aplicación se refiere a un solo producto.
- El nivel de inventario está bajo revisión continua, por lo cual su valor actual se conoce.
- Debe usarse una política (R, Q) por lo cual las únicas decisiones que deben tomarse son las selecciones de R y Q.

- Existe un tiempo de entrega entre la colocación de una orden y la recepción de la cantidad ordenada. Este tiempo de entrega puede ser fijo o variable.
- La demanda para retirar las unidades del inventario y venderlas (o usarlas de otro modo) durante este tiempo de entrega es incierta. Sin embargo, se conoce (o se puede estimar) la distribución de probabilidad de la demanda.
- Si ocurren faltantes antes de recibir la orden, el exceso de la demanda queda pendiente, de manera que estos faltantes se satisfacen cuando llega la orden.
- Se incurre en costo de preparación (denotado por  $K$ ) cada vez que se coloca una orden.
- Excepto por el costo fijo, el costo de la orden es proporcional a la cantidad  $Q$ .
- Se incurre en un costo de mantener (denotado por  $h$ ) por cada unidad en inventario por unidad de tiempo-
- Cuando ocurren faltantes, se incurre en cierto costo por faltantes (denotado por  $p$ ) por cada unidad que falta por unidad de tiempo hasta que se satisface la demanda pendiente.

Para la elección de la cantidad de orden ( $Q$ ), se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = \sqrt{\frac{2dK}{h}} \sqrt{\frac{p+h}{p}}$$

En donde:

$d$ : demanda promedio por unidad de tiempo

$k$ : costo de preparación cada vez que se coloca una orden

$h$ : costo de mantener el inventario

$p$ : costo por faltante

Para la elección del punto de reorden ( $R$ ), depende del nivel de servicios deseado, por lo tanto, se convierte en una decisión administrativa. El nivel de servicio se puede definir de varias maneras, como se describe a continuación (Hillier & Lieberman, 2010):

- Probabilidad de que ocurra un faltante entre la colocación de la orden y la recepción del pedido.
- Número promedio de faltantes por año.
- Porcentaje promedio de la demanda anual que satisface de inmediato (sin faltantes)
- Retraso promedio para satisfacer las órdenes pendientes cuando ocurre un faltante.
- Retraso promedio global para satisfacer las órdenes (donde el retraso sin faltantes es cero).

Modelo estocástico con revisión continua, sin costo por mantener el inventario:

$$Q = \sqrt{\frac{2dK}{h}}$$

En donde:

$Q$ : cantidad a ordenar

$d$ : demanda promedio por unidad de tiempo

$k$ : costo de preparación cada vez que se coloca una orden

$p$ : costo por faltantes

Se utilizará el primer criterio para seleccionar el nivel de servicio, primero se debe seleccionar  $L$  (probabilidad deseada de que no ocurran faltantes en el lapso entre colocar una orden y recibirla).

Sí la demanda ( $D$ ), tiene una distribución normal, con media ( $\mu$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ), se puede utilizar la tabla de distribución normal para determinar  $R$ .

$$R = \mu + K_{1-L} \sigma$$

Inventario de seguridad:  $R - \mu = K_{1-L} \sigma$

$D$ : demanda durante el tiempo de entrega para satisfacer una orden

Por ejemplo, sí  $L = 0.75$ , entonces  $K_{1-L} = .675$

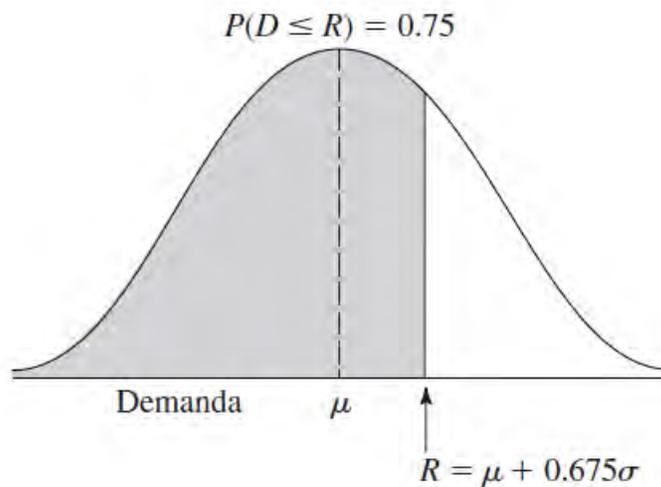


Figura 8. Cálculo del punto de reorden  $R$ . (Hillier & Lieberman, 2010)

### 2.3.3 PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

Es un método no paramétrico para probar si existe una diferencia significativa entre una distribución de frecuencias observada y una distribución de frecuencias teórica. (Levin & Rubin, 2004).

La prueba se basa en calcular el valor absoluto de la diferencia entre la frecuencia relativa acumulativa teórica ( $F_t$ ) y la frecuencia relativa acumulativa observada ( $F_0$ ) (Alvarez Cáceres, 1996):

$$D = |F_t - F_0|$$

$F_t$ : Frecuencia esperada, suponiendo que la distribución es la supuesta.

$F_0$ : Frecuencia observada

Entre estas frecuencias se permiten pequeñas diferencias explicables por el azar. Si obtenemos una diferencia cuya probabilidad, bajo el supuesto de que en la población la variable siga la distribución teórica, que se está evaluando, sea menor que el límite prefijado en el contraste de la hipótesis (habitualmente es 0.05), rechazamos la hipótesis nula, es decir, las máximas diferencias aceptadas están tabuladas; éstas dependen del tamaño de la muestra y del nivel de significancia aceptado. Si  $D$  es mayor que el máximo valor aceptable, al que llamaremos valor crítico ( $V_c$ , tabla de anexo 4), rechazaremos la hipótesis nula y concluiremos que, en la población, la variable no sigue la distribución evaluada. (Alvarez Cáceres, 1996).

Las hipótesis en la prueba son, (Alvarez Cáceres, 1996):

$H_0$ : Los datos analizados provienen de una población con la distribución de probabilidad supuesta

$H_1$ : Los datos analizados provienen de una población con la distribución de probabilidad supuesta

En donde:

$\alpha$ : Nivel de significancia

## **CAPÍTULO 3. MARCOS DE REFERENCIA PARA LA CERTIFICACIÓN NMX-CC-9001 Y LA ACREDITACIÓN NMX-EC-15189.**

Como ya se mencionó con anterioridad, el laboratorio se encuentra certificado con la NMX-CC-9001 y acreditado bajo la NMX-EC-15189, por lo que es necesario que se analicen los requisitos de estas normas mexicanas con respecto a los inventarios:

### **3.1 NMX-EC-15189-IMNC-2015. LABORATORIOS CLÍNICOS - REQUISITOS DE LA CALIDAD Y COMPETENCIA. (ISO 15189:2012)**

#### **5.3 Equipo de laboratorio, reactivos y consumibles.**

##### **5.3.1. Generalidades**

El laboratorio debe tener un procedimiento documentado para la selección, adquisición y la gestión de equipamiento.

El laboratorio debe estar provisto con todos los elementos de equipo requerido para proporcionar los servicios (incluyendo la toma de muestras primaria, preparación de las muestras, procesamiento, examen y almacenamiento). En caso de que el laboratorio necesite usar equipo fuera de su control permanente, la alta dirección del laboratorio debe asegurar que se cumplan los requisitos de esta norma mexicana.

En este caso, se define que los elementos requeridos para proporcionar los servicios, también se incluyen materiales de referencia, calibradores, materiales de control de calidad, consumibles, entre otros.

Se cuenta con el procedimiento de evaluación de proveedores y solicitud de insumos, el cual habla de la adquisición mediante la licitación pública. También existe un procedimiento para la gestión de los equipos, para mantener las condiciones necesarias de los procesos, se cuenta con todos los equipos necesarios para la prestación de servicios

##### **5.3.2 Reactivos y consumibles.**

###### **5.3.2.1 Generalidades.**

El laboratorio debe tener un procedimiento documentado para la recepción, almacenamiento, ensayo de aceptación y la gestión de inventario de reactivos y consumibles.

El laboratorio cuenta con un procedimiento en el que describe como debe ser la recepción, que documentos se deben verificar para la aceptación de los materiales, revisión de documentos que comprueben la cadena de frío, pasos a seguir en caso de rechazar los insumos, condiciones ambientales de almacenamiento, como se deben colocar una vez recibidos, así como los formatos que se deben llenar.

### 3.2 NMX-CC-9001-IMNC-2008. Sistemas de gestión de la calidad- Requisitos. (ISO 9001:2008)

#### 7. Realización del producto.

##### 7.1. Planificación de la realización del producto.

La organización debe planificar y desarrollar los procesos necesarios para la realización del producto. La planificación de la realización del producto debe ser coherente con los requisitos de los otros procesos del sistema de gestión de la calidad.

A pesar de que la norma menciona productos, por las características de ésta misma, se puede aplicar también a servicios, como es el caso del laboratorio. El laboratorio cuenta con una planeación y una interacción de procesos relacionados con la realización del servicio como se muestra a continuación:



Figura 9. Interacción de los procesos (NMX-CC-9001-IMNC-2008)

### **3.3 NMX-CC-9001-IMNC-2015. Sistemas de gestión de la calidad- Requisitos (ISO 9001:2015**

A pesar de que el laboratorio aún no hace la actualización del sistema de gestión de calidad, es importante hacer el análisis con la norma actual para determinar los requisitos:

#### 7.1. Recursos.

##### 7.1.3 Infraestructura.

La organización debe determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para la operación de sus procesos y lograr la conformidad de los productos y servicios.

En esta versión de la norma, nos menciona que la infraestructura puede tratarse de edificios y servicios asociados, equipo, recursos de transporte y tecnologías de la información y la comunicación.

De acuerdo al análisis realizado con anterioridad, el laboratorio cumple con todos los requisitos establecidos, ya que en ninguna norma se especifica que se deba de contar con una política de inventarios.

Es importante señalar que el hecho de que no se tengan los insumos suficientes para realizar los servicios provoca que se tengan no conformidades, por lo que a pesar de que no es un requisito, es importante considerar una política de inventarios adecuada para evitar incumplimientos.

### **3.4 REQUERIMIENTO DEL SISTEMA.**

De acuerdo a lo anterior, como parte de esta investigación se generará un procedimiento para la elaboración de política de inventarios, para lo cual se tiene como base, un procedimiento que se encuentra dentro del sistema de gestión de calidad, el PRO-02, procedimiento para el control de documentos, proporcionado por el laboratorio. Este documento no puede presentarse en este trabajo, debido a que es un documento confidencial, sin embargo, es importante mencionar que se siguieron los lineamientos establecidos por dicho documento.

Debido a que los cálculos realizados para este trabajo se realizaran en el software Microsoft Excel, se debe considerar un procedimiento adicional, la validación de hojas de cálculo. Al ser un sistema computarizado, se requiere asegurar que los datos no se alteren de manera intencionada o no, además de que sean confiables. Este procedimiento se encuentra en el anexo 1. Adicionalmente, se genera un documento de apoyo para la realización de las validaciones, el cual se encuentra en el anexo 2.

## CAPÍTULO 4. APLICACIÓN AL CASO DEL LABORATORIO DE HORMONAS Y NIVELES SÉRICOS DE UN HOSPITAL.

El Hospital al cual pertenece el Laboratorio proporciona servicios de consulta externa, urgencias y hospitalización de las áreas de neurología, neurocirugía y neuropsiquiatría, para lo cual, el Laboratorio solamente procesa órdenes giradas por éste mismo.

Se realiza las funciones toma y revisión de muestras, verificación de resultados, reporte y entrega de resultados, así como la recepción, revisión y registro de documentación necesaria para lo antes mencionado.

El Laboratorio está comprometido con los pacientes y médicos para ofrecer análisis confiables y de calidad con ayuda de un personal capacitado, competente y comprometido con las buenas prácticas profesionales, mediante el cumplimiento de los requisitos establecidos en las normas NMX-CC-9001 y NMX-EC-15189. Los análisis que se realizan junto con su contribución son los siguientes:

ANALITO	CONTRIBUCIÓN
<b>Difenilhidantoína (DFH)</b>	La fenitoína (dilantina) es uno de los anticonvulsivos más ampliamente prescritos y se utiliza ocasionalmente como agente antiarritmias del miocardio. En el tratamiento de la epilepsia, (convulsiones tonicoclónicas generalizadas), en las convulsiones corticales focales y para la epilepsia del lóbulo temporal. (Abbott System, 2008).
<b>Fenobarbital (FB)</b>	El fenobarbital se utilizó por primera vez en 1912 para el tratamiento de epilepsia, especialmente para el control de las crisis parciales motoras o sensoriales. Además, debido a su estrecho margen terapéutico y a la amplia variedad interindividual en la tasa de metabolización y aclaramiento del fenobarbital, la determinación de las concentraciones de fenobarbital en sangre es esencial para los pacientes en tratamiento. (Abbott System, 2008).
<b>Carbamazepina</b>	Se usa en el tratamiento de convulsiones tonicoclónicas generalizadas y parciales (simples y complejas) debido a su capacidad de inhibición de la activación repetitiva de las neuronas. (Abbott System, 2008).
<b>Valproato (AVP)</b>	El ácido valproico es un fármaco anticonvulsivo de amplio espectro que se utiliza en el tratamiento de la crisis de ausencia, sólo o combinado con otros anticonvulsivos. Es eficaz en el tratamiento de convulsiones tonicoclónicas generalizadas y mioclónicas, así como de ausencias atípicas, simples y parcialmente complejas, epilepsia mayor y pseudoconvulsiones. (Abbott System, 2009).
<b>ANTI-TPO</b>	Con frecuencia los trastornos de la glándula tiroidea son ocasionados por mecanismos autoinmunes con producción de anticuerpos. La tiroperoxidasa (TPO) es una hemoglicoproteína asociada a la membrana que se expresa únicamente en los tirocitps. Esta enzima cataliza la oxidación del yoduro de los

<b>ANALITO</b>	<b>CONTRIBUCIÓN</b>
	residuos tirosina de la toriglobulina para sintetizar T3 y T4, y es uno de los antígenos más importantes de la glándula tiroidea. La determinación de los niveles ActPO es la prueba más sensible para detectar la enfermedad tiroidea autoinmune. (Beckman Coulter, 2010).
<p data-bbox="250 611 503 709"><b>Hormona Folículo Estimulante (FSH)</b></p> <p data-bbox="290 747 462 846"><b>Hormona Luteinizante (LH)</b></p>	<p data-bbox="540 396 1386 726">La hormona folículo estimulante humana (FSH, folitripina) y la LH, controlan el crecimiento y las actividades reproductivas de los tejidos gonadales. La FSH estimula el desarrollo de los folículos ováricos y la gamatogénesis en los testículos. En las mujeres sexualmente maduras, la FSH actúa estimulando el desarrollo de los folículos ováricos. Las concentraciones circulantes de FSH disminuyen durante fase luteínica del ciclo, como respuesta a la producción de estradiol y progesterona por el cuerpo lúteo en desarrollo. En la menopausia, la función ovárica disminuye, con una disminución concomitante de la secreción de estradiol.</p> <p data-bbox="540 730 1386 829">La FSH y LH aumentan, entonces, significativamente debido a la disminución en la retroinhibición por la liberación de gonadotropinas.</p> <p data-bbox="540 833 1386 1094">En los hombres, la FSH, LH y la Testosterona regulan la espermatogénesis actuando sobre las células de Sertoli de los tubos seminíferos de los testículos. La presencia de concentraciones elevadas de LF y FSH indica insuficiencia gonadal cuando viene acompañada de concentraciones bajas de esteroides gonadales. Lo que sugiere insuficiencia testicular primaria o anorquidia, síndrome de Klinefelter o trastorno de células de Sertoli. (Abbott System, 2009).</p>
<p data-bbox="313 1234 440 1297"><b>Estradiol (E2)</b></p>	<p data-bbox="540 1100 1386 1434">El estradiol es el estrógeno más potente de los humanos. Regula la función reproductora de las mujeres y, junto con la progesterona, hace que el embarazo sea posible. La mayor parte del estradiol es segregada por los ovarios (mujeres no embarazadas), aunque los testículos (en hombres) y la corteza suprarrenal (en hombres y mujeres) segregan también pequeñas cantidades. Durante el embarazo, la placenta produce la mayor parte del estradiol circulante. En las mujeres sanas no embarazadas, el estradiol sintetizado por el ovario es la fuente predominante de estrona y estradiol. (Abbott System, 2009).</p>
<p data-bbox="305 1539 448 1570"><b>Prolactina</b></p>	<p data-bbox="540 1440 1386 1703">La prolactina es un polipéptido de cadena sencilla compuesto por 198 aminoácidos con tres puentes disulfuro intracatenarios y peso molecular de aproximadamente 22.500 daltons. La prolactina es secretada por las células anteriores de la glándula pituitaria. La secreción de prolactina se controla desde el hipotálamo principalmente a través de la liberación del factor inhibidor de prolactina (dopamina) y del factor liberador de prolactina (serotonina). (Beckman Coulter, 2010).</p>
<p data-bbox="321 1776 431 1808"><b>Cortisol</b></p>	<p data-bbox="540 1709 1386 1871">El cortisol es el principal glucocorticoide producido y segregado por la corteza suprarrenal. Afecta al metabolismo de proteínas, grasas e hidratos de carbono, al mantenimiento de la integridad muscular y miocárdica, y a la supresión de las actividades inflamatoria y alérgica. (Beckman Coulter, 2010).</p>

<b>ANALITO</b>	<b>CONTRIBUCIÓN</b>
<b>Testosterona</b>	La testosterona es una hormona sexual masculina, secretada por células de Leydig o células intersticiales de los testículos, regulada y controlada por el efecto retrógrado inhibitorio de la hormona pituitaria sobre el hipotálamo y la hipófisis. La monitorización de la testosterona se utiliza clínicamente para diagnosticar y diferenciar los trastornos endócrinos. En los hombres, estos trastornos incluyen: hipogonadismo, fallo testicular, esterilidad, hipopituitarismo e hiperprolactinemia. En las mujeres, trastornos como el síndrome de ovario poliquístico, hiperplasia suprarrenal, esterilidad, hirsutismo, amenorrea, obesidad y virilización pueden causar cambios en la concentración de testosterona en suero. (Abbott System, 2006).
<b>Hormona del Crecimiento Humana (GH)</b>	La hormona del crecimiento humana (hGH, somatotropina), hormona polipeptídica de cadena sencilla de 191 aminoácidos, se sintetiza, almacena y secreta por las células somatotrópicas localizadas predominantemente en las alas laterales de la adenohipófisis. El exceso de hormona de crecimiento (acromegalia) puede evaluarse mediante la realización de una prueba de supresión en un individuo con niveles de hGH elevados. Las medidas de hormona de crecimiento se utilizan en el diagnóstico y en el tratamiento de desórdenes relacionados con el lóbulo anterior de la hipófisis. (Beckman Coulter, 2010).
<b>Insulina Hemoglobina Glucosilada (HbA1C)</b>	La diabetes mellitus es una enfermedad que se caracteriza por hiperglicemia a causa de la incapacidad del organismo de utilizar la glucosa en la sangre para producir energía. La terapia para la diabetes exige el mantenimiento a largo plazo de una glucemia que sea lo más cercana posible a la normal, a fin de reducir al mínimo el riesgo de complicaciones vasculares a largo plazo. Una simple medida de la glucemia en ayunas sirve de indicación del estado del paciente en las horas previas, pero puede no ser representativa del verdadero estado de la regulación de la glucemia. Un índice preciso de la glucemia media puede establecerse mediante la medida de los niveles de hemoglobina A1c (HbA1c) cada dos o tres meses. (BIO-RAD Laboratories., 2010).
<b>PSA TOTAL</b>	Una prueba fiable para detectar el cáncer de próstata en sus primeros estadios, cuando el tumor se limita a la glándula y puede proporcionarse un tratamiento eficaz, puede ser de gran valor para el médico. Históricamente, la mayoría de los cánceres de próstata se han extendido más allá de la glándula cuando se efectúa el diagnóstico. Las mediciones en serie de PSA son útiles para detectar tumores residuales y recidivas del cáncer después de una prostatectomía radical. (Beckman Coulter, 2010).
<b>T-UPTAKE (T-C) TIROXINA (TOT T4)</b>	El eje hipotálamo-hipofisario-tiroideo controla la síntesis, liberación y acción de la triyodotironina (T3) y tiroxina (T4). Más del 99% de la T4 y la T3 circulan en la sangre unidas a proteínas portadoras que dejan menos del 1% sin unir. La mayor capacidad de unión para ambas hormonas es a la globulina fijadora de tiroxina (TBG)

ANALITO	CONTRIBUCIÓN
<p><b>TIROXINA LIBRE (FR T4)</b></p> <p><b>TRIIYODOTIRONINA (TOT T3)</b></p> <p><b>TRIIYODOTIRONINA LIBRE (FT3)</b></p> <p><b>TIROTROFINA (TSH)</b></p>	<p>y, en menor grado, a la prealbúmina (TPBA) y albúmina sérica. El nivel de actividad del tiroides se correlaciona con la concentración de hormona no fijada o libre. En general, la T4 total es indicativa de la cantidad de T4 libre dado que las concentraciones de TBG se mantienen relativamente constantes en el suero. Sin embargo, los cambios en la concentración de TBG afectan a la cifra de lugares de fijación de TBG desocupados, lo que a su vez afecta al nivel de hormona fijada a proteínas y deja inalterado el nivel libre de la hormona. En el hipotiroidismo, el valor de la captación del tiroides se incrementa debido a las proteínas de fijación altamente saturadas.</p> <p>La hormona liberadora de tirotrófina (TRH) secretada por el hipotálamo estimula la síntesis y liberación de tirotrófina u hormona liberadora del tiroides (TSH). A su vez, la TSH estimula la síntesis, almacenamiento, secreción y metabolismo de tiroxina (T4) y triyodotironina (T3). Los rasgos esenciales de la elaboración y almacenamiento de la hormona tiroides son: captación de yodo; yodación de los residuos tiroideos en la molécula de tiroglobulina; acoplamiento de las monoyodotirosinas (MIT) y diyodotirosinas (DIT) para formar T4 y T3; almacenamiento de las tironinas como tiroglobulina en la glándula tiroides y liberación de la hormona tiroides en la circulación sanguínea. Una vez liberadas en la circulación, la mayor parte de T4 y T3 se fijan a proteínas portadoras. La mayor afinidad de fijación de ambas hormonas es hacia la globulina fijadora de tiroxina (TBG) y, en menor grado, a la prealbúmina (TPBA). Como resultado, el 99,97% de la T4 circulante y el 99,7% de la T3 circulante se unen dejando solamente pequeñas porciones sin unir. La T4 libre y la T3 libre regulan el crecimiento y desarrollo normal manteniendo la temperatura corporal y estimulando la termogénesis. Además, la T4 libre y la T3 libre afectan todos los aspectos del metabolismo de los hidratos de carbono, así como ciertas áreas del metabolismo de lípidos y vitaminas. (Beckman Coulter, 2010).</p>

**Tabla 3. Contribución de los analitos para los diagnósticos.**

Los equipos requieren ser calibrados cada cierto tiempo, o cada vez que se realice un cambio de lote del reactivo, dependiendo de los equipos, se ocupan de cuatro hasta doce pruebas, además de los calibradores correspondientes. Como parte del sistema de gestión de calidad, todos los días los equipos son sometidos a controladores de nivel alto, medio y/o bajo, por lo que también consume reactivo. Considerando los datos anteriores, se hicieron los cálculos para determinar el número de pruebas para cada analito, los cálculos se encuentran en el anexo 3.

A continuación, se presenta un diagrama de la metodología que se utilizó para el desarrollo de este trabajo:

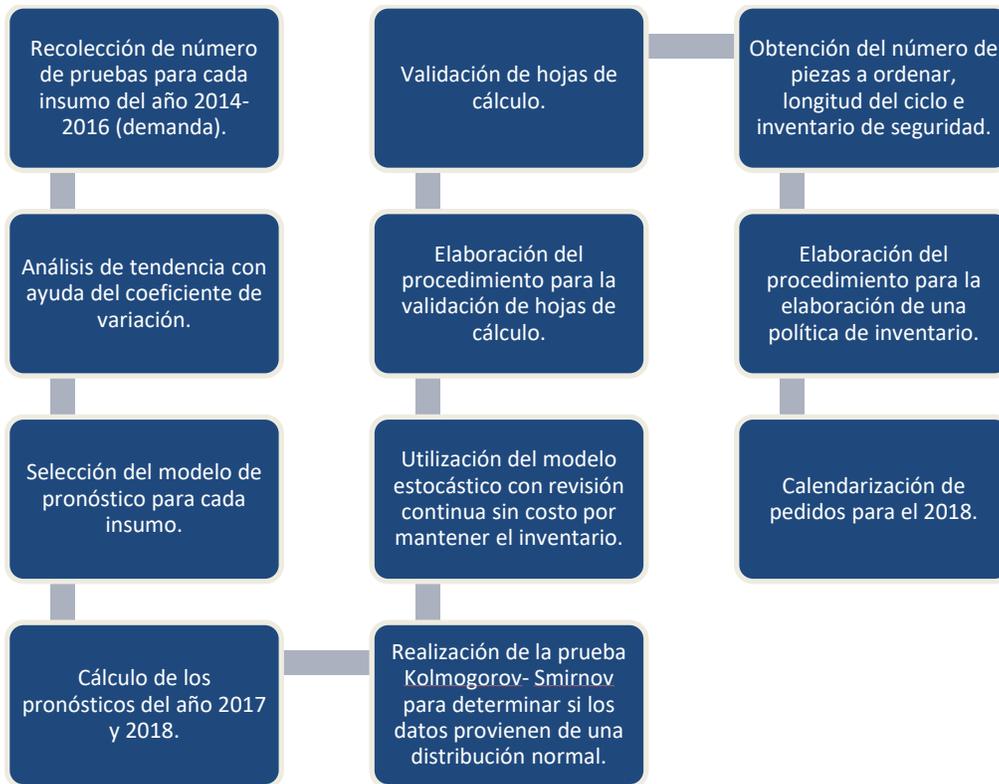


Figura 10. Metodología de desarrollo.

## 4.1 PRONÓSTICOS

Se realiza un análisis de tendencia de acuerdo al coeficiente de variación, como se muestra a continuación:

$c.v. < .2$  Indica que no tiene tendencia

$c.v > .2$  Indica que tiene tendencia

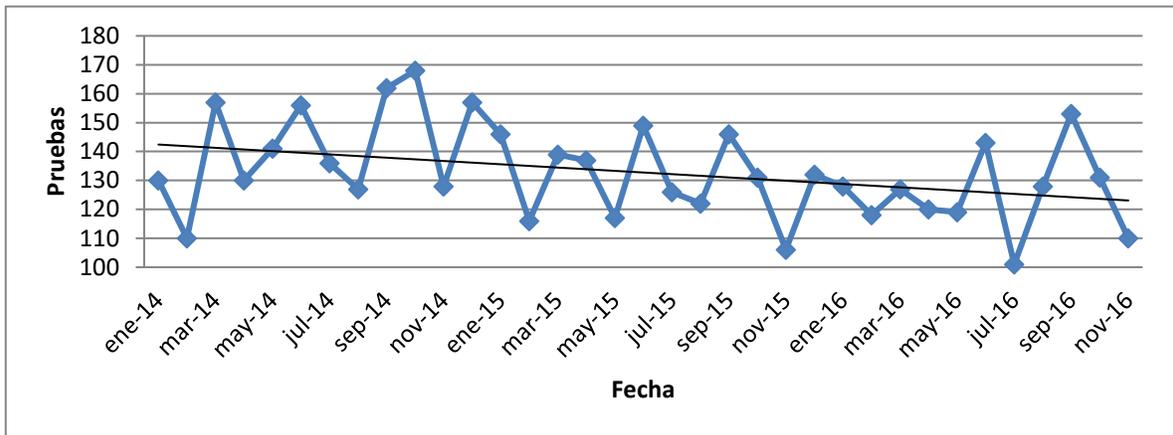
Aquellas series de tiempo cuyo coeficiente de variación indicara no tener tendencia se usarían los modelos: último dato, promedio simple, promedio móvil y suavizado exponencial simple; y aquellos que tuvieran tendencia: suavizado exponencial doble, suavizado exponencial con ajuste de tendencia, suavizado exponencial adaptativo, regresión lineal, regresión lineal punto por punto, descomposición multiplicativa. A continuación, se realizó un análisis de comparación para determinar el modelo que presenta menor error cuadrático medio (MSE).

Para mejorar el modelo y disminuir los errores, se agrupan los datos de manera anual. Debido a su comportamiento, se ocupa el modelo de regresión lineal, una vez que se tiene el pronóstico anual, se ocupan los datos mensuales para poder calcular el promedio de los porcentajes para dosificar los insumos de manera mensual. A continuación, se muestran unos los cálculos realizados:

## DIFENILHIDANTOINA

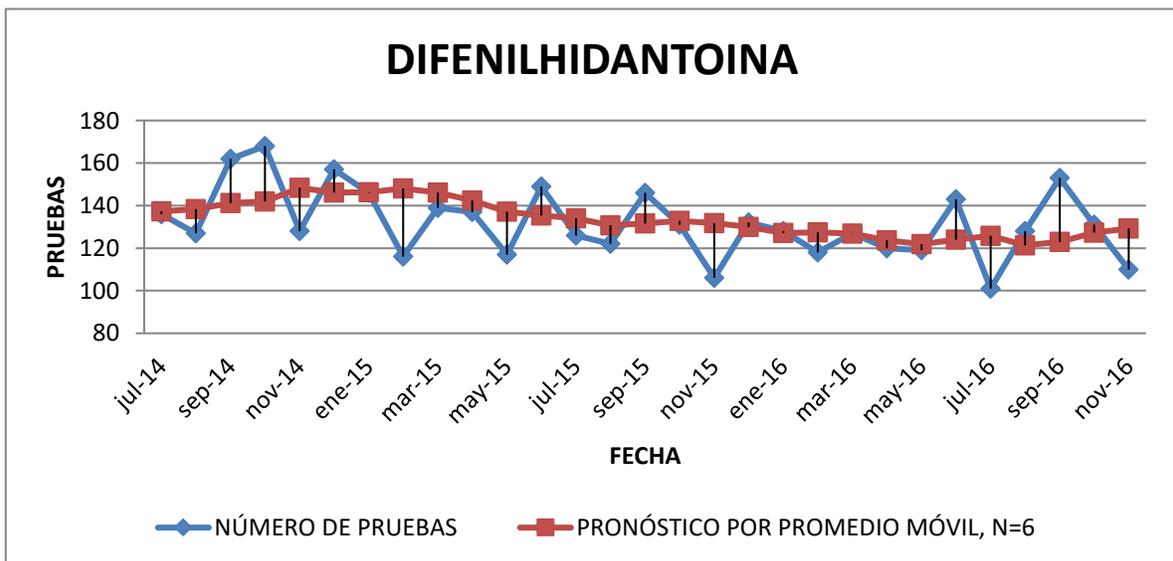
<b>Fecha</b>	<b>Pruebas</b>
ene-14	130
feb-14	110
mar-14	157
abr-14	130
may-14	141
jun-14	156
jul-14	136
ago-14	127
sep-14	162
oct-14	168
nov-14	128
dic-14	157
ene-15	146
feb-15	116
mar-15	139
abr-15	137
may-15	117
jun-15	149
jul-15	126
ago-15	122
sep-15	146
oct-15	131
nov-15	106
dic-15	132
ene-16	128
feb-16	118
mar-16	127
abr-16	120
may-16	119
jun-16	143
jul-16	101
ago-16	128
sep-16	153
oct-16	131
nov-16	110

<b>DE</b>	16.50
<b>ME</b>	132.77
<b>C.V.</b>	0.12



Debido a los datos anteriores, la demanda no presenta componentes cíclicos, estacionalidad, y la tendencia es pequeña (coeficiente de variación de 0.12). Por lo que se usaran los siguientes modelos:

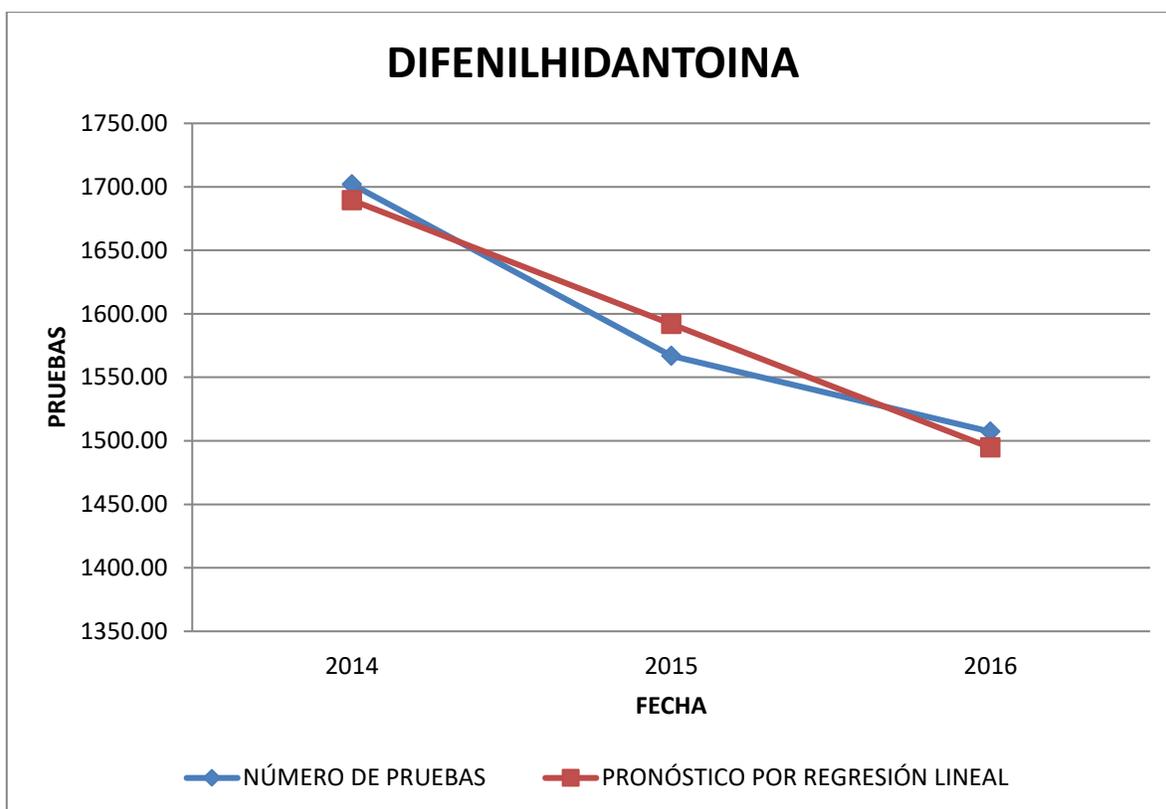
DIFENILHIDANTOINA	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
ULTIMO DATO	-0.59	20.18	539.94	15.37
PROMEDIO SIMPLE	-3.24	14.57	308.49	11.32
PROMEDIO MÓVIL, N=2	0.02	16.95	423.70	12.92
PROMEDIO MÓVIL, N=3	-0.79	12.10	238.97	9.34
PROMEDIO MÓVIL, N=6	<b>-1.87</b>	<b>12.08</b>	<b>238.04</b>	<b>9.38</b>
SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE, $\alpha=0.3$	-0.47	13.49	285.78	10.33
SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE, $\alpha=0.5$	-0.45	15.14	332.29	11.59
SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE (SOLVER)	-0.69	12.99	269.08	9.95
	$\alpha=$	0.13		



Como se puede observar, el método que menor error cuadrático medio (MSE) presenta (238.04) es el de promedio móvil (n=6).

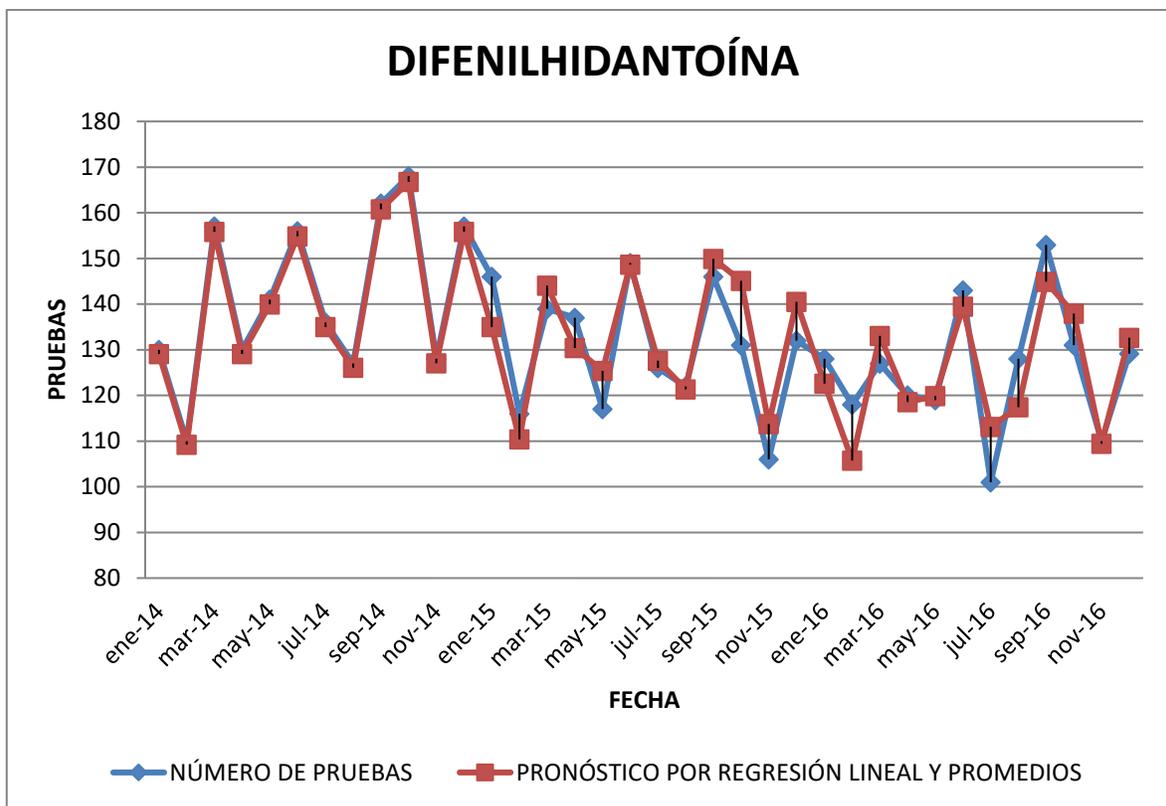
Mejorando el modelo de pronósticos para la disminución de errores:

REGRESIÓN LINEAL						
Fecha	Pruebas	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
2014	1702.00	1689.47	12.53	12.53	207.40	0.74
2015	1567.00	1592.06	-25.06	25.06	537.40	1.60
2016	1507.17	1494.64	12.53	12.53	207.40	0.83
2017	1494.64	1465.41				
2018	1465.41	1438.14				
Promedio			0.00	16.70	317.40	1.06



## PRONÓSTICO POR REGRESIÓN LINEAL Y PROMEDIOS

Fecha	Pruebas	Porcentaje	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
ene-14	130	7.64	129.04	0.96	0.96	0.92	0.74
feb-14	110	6.46	109.19	0.81	0.81	0.66	0.74
mar-14	157	9.22	155.84	1.16	1.16	1.34	0.74
abr-14	130	7.64	129.04	0.96	0.96	0.92	0.74
may-14	141	8.28	139.96	1.04	1.04	1.08	0.74
jun-14	156	9.17	154.85	1.15	1.15	1.32	0.74
jul-14	136	7.99	135.00	1.00	1.00	1.00	0.74
ago-14	127	7.46	126.07	0.93	0.93	0.87	0.74
sep-14	162	9.52	160.81	1.19	1.19	1.42	0.74
oct-14	168	9.87	166.76	1.24	1.24	1.53	0.74
nov-14	128	7.52	127.06	0.94	0.94	0.89	0.74
dic-14	157	9.22	155.84	1.16	1.16	1.34	0.74
ene-15	146	8.48	134.97	11.03	11.03	121.70	7.56
feb-15	116	6.93	110.37	5.63	5.63	31.65	4.85
mar-15	139	9.05	144.04	-5.04	5.04	25.41	3.63
abr-15	137	8.19	130.40	6.60	6.60	43.61	4.82
may-15	117	7.88	125.38	-8.38	8.38	70.25	7.16
jun-15	149	9.34	148.65	0.35	0.35	0.12	0.23
jul-15	126	8.02	127.61	-1.61	1.61	2.61	1.28
ago-15	122	7.62	121.37	0.63	0.63	0.39	0.51
sep-15	146	9.42	149.93	-3.93	3.93	15.48	2.70
oct-15	131	9.12	145.12	-14.12	14.12	199.41	10.78
nov-15	106	7.14	113.71	-7.71	7.71	59.49	7.28
dic-15	132	8.82	140.48	-8.48	8.48	71.99	6.43
ene-16	128	8.20	122.60	5.40	5.40	29.13	4.22
feb-16	118	7.08	105.75	12.25	12.25	150.16	10.38
mar-16	127	8.90	133.01	-6.01	6.01	36.17	4.74
abr-16	120	7.93	118.53	1.47	1.47	2.17	1.23
may-16	119	8.02	119.85	-0.85	0.85	0.72	0.71
jun-16	143	9.33	139.45	3.55	3.55	12.57	2.48
jul-16	101	7.57	113.13	-12.13	12.13	147.19	12.01
ago-16	128	7.86	117.47	10.53	10.53	110.88	8.23
sep-16	153	9.70	144.92	8.08	8.08	65.33	5.28
oct-16	131	9.23	137.89	-6.89	6.89	47.54	5.26
nov-16	110	7.32	109.42	0.58	0.58	0.34	0.53
dic-16	129.17	8.87	132.62	-3.45	3.45	11.91	2.67
			<b>Promedio</b>	0.00	4.37	35.26	3.44



Debido a que el error medio cuadrático calculado con el modelo de promedio móvil (238.04), disminuye con el modelo de regresión lineal con promedios (35.26), el cálculo de pronósticos es el siguiente:

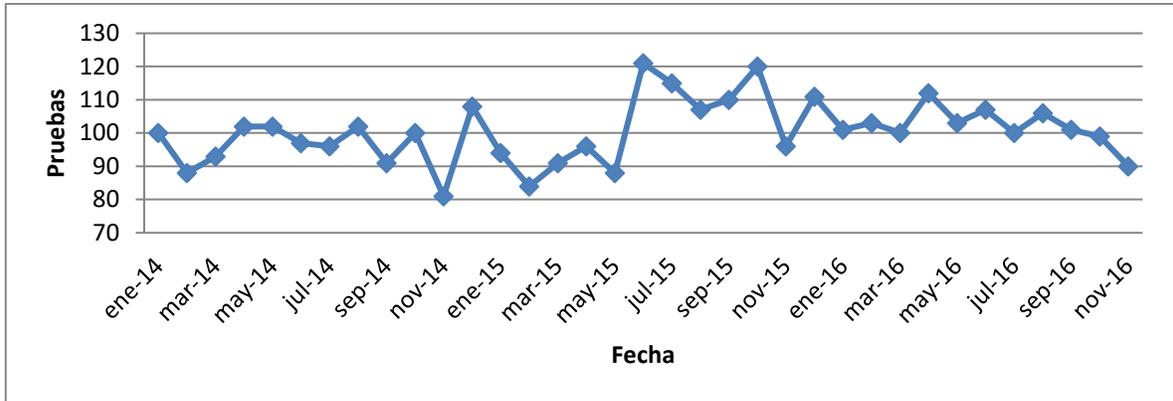
PRONÓSTICO 2017		
Fecha	Promedio (%)	Pronóstico mensual
Enero	8.11	118.79
Febrero	6.82	99.99
Marzo	9.06	132.72
Abril	7.92	116.05
Mayo	8.06	118.10
Junio	9.28	135.96
Julio	7.86	115.16
Agosto	7.65	112.08
Septiembre	9.54	139.86
Octubre	9.40	137.81
Noviembre	7.33	107.38
Diciembre	8.97	131.50
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>1465.41</b>

PRONÓSTICO 2018		
Fecha	Promedio (%)	Pronóstico mensual
Enero	8.11	116.58
Febrero	6.82	98.13
Marzo	9.06	130.25
Abril	7.92	113.89
Mayo	8.06	115.91
Junio	9.28	133.43
Julio	7.86	113.02
Agosto	7.65	109.99
Septiembre	9.54	137.25
Octubre	9.40	135.24
Noviembre	7.33	105.38
Diciembre	8.97	129.06
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>1438.14</b>

## GH

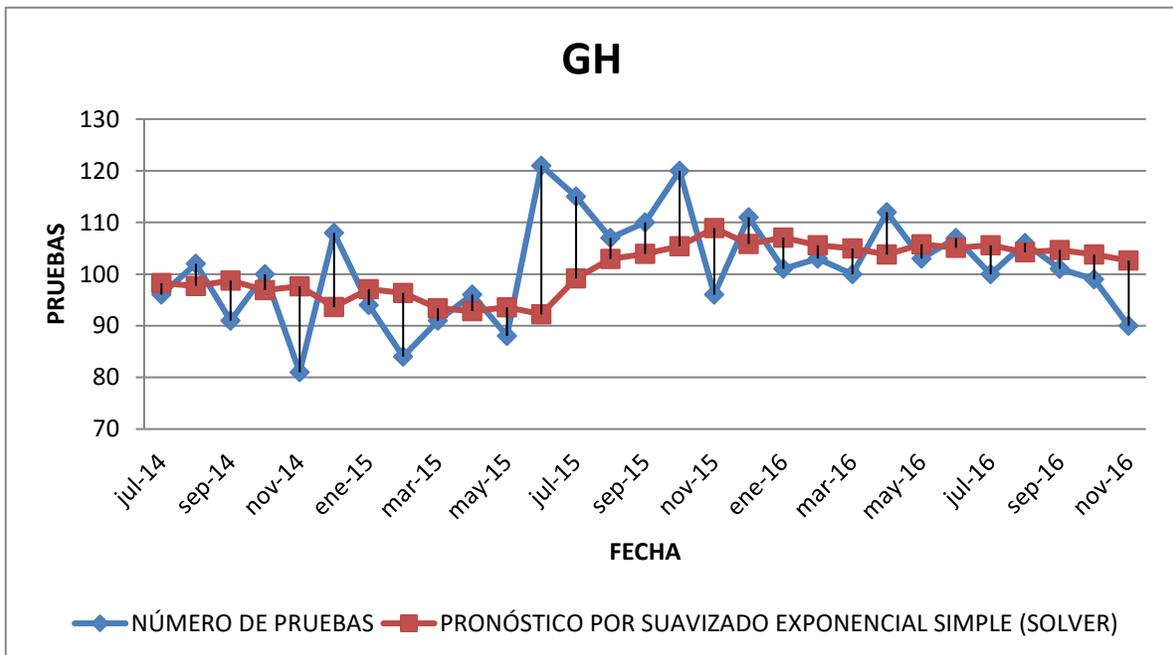
GH	
Fecha	Pruebas
ene-14	100
feb-14	88
mar-14	93
abr-14	102
may-14	102
jun-14	97
jul-14	96
ago-14	102
sep-14	91
oct-14	100
nov-14	81
dic-14	108
ene-15	94
feb-15	84
mar-15	91
abr-15	96
may-15	88
jun-15	121
jul-15	115
ago-15	107
sep-15	110
oct-15	120
nov-15	96
dic-15	111
ene-16	101
feb-16	103
mar-16	100
abr-16	112
may-16	103
jun-16	107
jul-16	100
ago-16	106
sep-16	101
oct-16	99
nov-16	90

DE	9.34
ME	100.43
C.V.	0.09



De acuerdo con los datos anteriores, la demanda no presenta componentes cíclicos, estacionalidad, y la tendencia es pequeña (coeficiente de variación de 0.09). Por lo que se usaran los siguientes modelos:

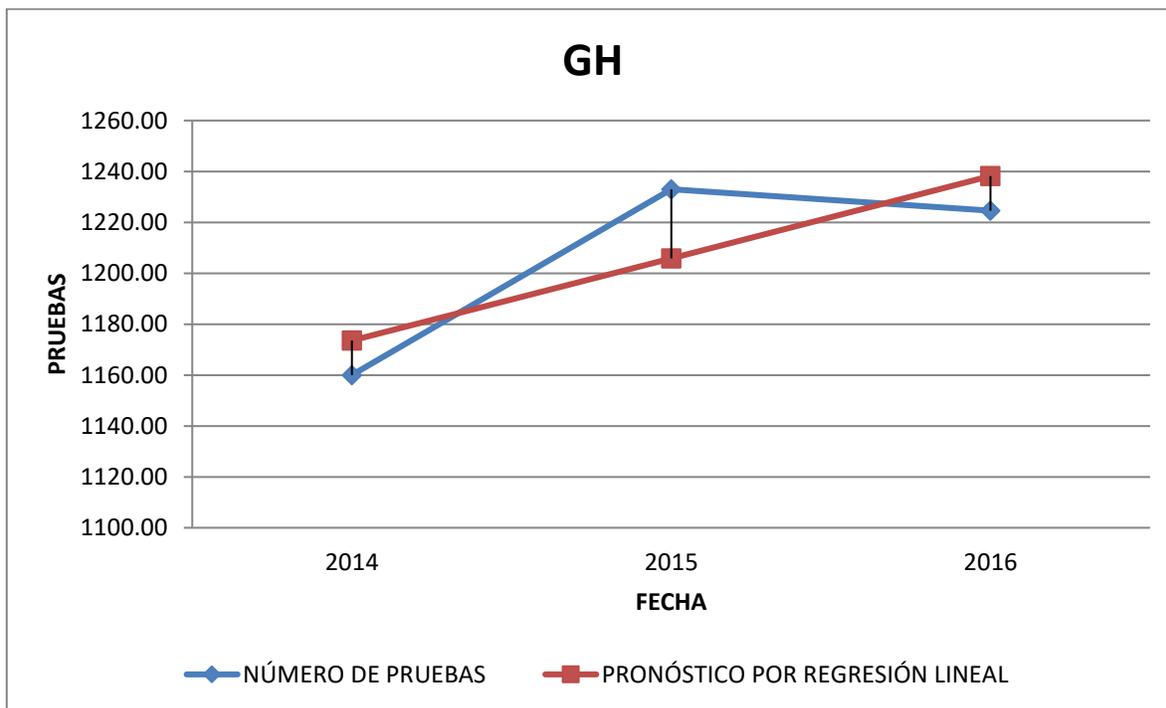
GH	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
ULTIMO DATO	-0.29	9.29	137.82	9.28
PROMEDIO SIMPLE	2.58	7.29	95.03	7.13
PROMEDIO MÓVIL, N=2	0.05	7.23	93.31	7.18
PROMEDIO MÓVIL, N=3	0.15	7.17	88.81	7.09
PROMEDIO MÓVIL, N=6	0.05	7.53	96.77	7.43
SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE, $\alpha=0.3$	-0.14	6.96	83.69	6.94
SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE, $\alpha=0.5$	-0.26	7.08	89.12	7.08
<b>SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE (SOLVER)</b>	<b>-0.05</b>	<b>7.01</b>	<b>83.37</b>	<b>6.98</b>
	$\alpha=$ <b>0.24</b>			



Como se puede observar, el método que menor error cuadrático medio (MSE) presenta (83.37) es el de suavizado exponencial simple.

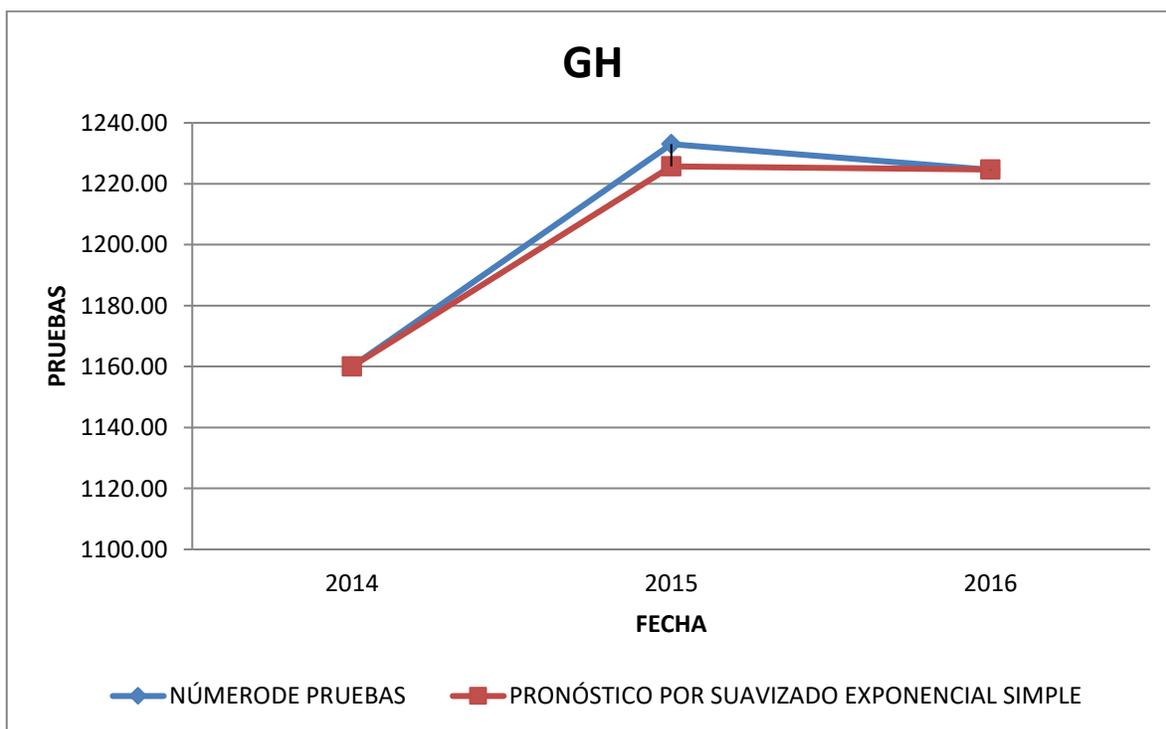
Mejorando el modelo de pronósticos para la disminución de errores:

REGRESIÓN LINEAL						
Fecha	Pruebas	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
2014	1160.00	1173.56	-13.56	13.56	182.63	1.17
2015	1233.00	1205.87	27.13	27.13	738.40	2.20
2016	1224.62	1238.19	-13.56	13.56	182.63	1.11
2017	1238.19	1247.88				
2018	1247.88	1256.93				
Promedio			0.00	18.08	367.89	1.49



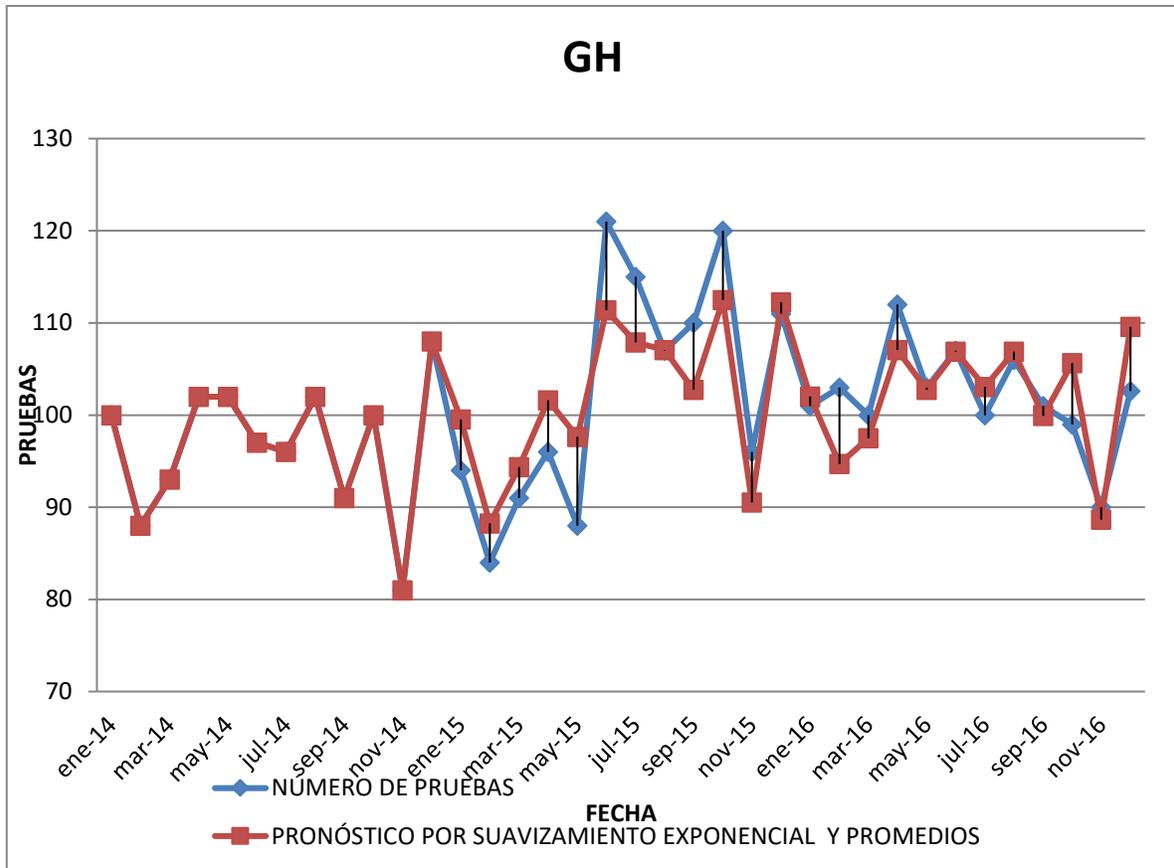
En este caso, el modelo de regresión lineal no se puede utilizar, debido a que el coeficiente de determinación es muy bajo, se utilizará el modelo de suavizamiento exponencial:

$\alpha=$ 0.9 SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE						
Fecha	Pruebas	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
2014	1160.00	1160.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2015	1233.00	1225.70	7.30	7.30	54.00	0.59
2016	1224.62	1224.73	-0.11	0.11	0.00	0.01
2017	1224.73	1224.73				
2018	1224.73	1224.73				
Promedio			2.40	2.47	18.00	0.20



## PRONÓSTICO POR SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL Y PROMEDIOS

Fecha	Pruebas	Porcentaje	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
ene-14	100	8.62	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
feb-14	88	7.59	88.00	0.00	0.00	0.00	0.00
mar-14	93	8.02	93.00	0.00	0.00	0.00	0.00
abr-14	102	8.79	102.00	0.00	0.00	0.00	0.00
may-14	102	8.79	102.00	0.00	0.00	0.00	0.00
jun-14	97	8.36	97.00	0.00	0.00	0.00	0.00
jul-14	96	8.28	96.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ago-14	102	8.79	102.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sep-14	91	7.84	91.00	0.00	0.00	0.00	0.00
oct-14	100	8.62	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
nov-14	81	6.98	81.00	0.00	0.00	0.00	0.00
dic-14	108	9.31	108.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ene-15	94	8.12	99.55	-5.55	5.55	30.84	5.91
feb-15	84	7.20	88.24	-4.24	4.24	18.01	5.05
mar-15	91	7.70	94.36	-3.36	3.36	11.32	3.70
abr-15	96	8.29	101.60	-5.60	5.60	31.41	5.84
may-15	88	7.97	97.63	-9.63	9.63	92.70	10.94
jun-15	121	9.09	111.39	9.61	9.61	92.38	7.94
jul-15	115	8.80	107.88	7.12	7.12	50.72	6.19
ago-15	107	8.74	107.07	-0.07	0.07	0.01	0.07
sep-15	110	8.38	102.75	7.25	7.25	52.54	6.59
oct-15	120	9.18	112.48	7.52	7.52	56.60	6.27
nov-15	96	7.38	90.51	5.49	5.49	30.14	5.72
dic-15	111	9.16	112.23	-1.23	1.23	1.51	1.11
ene-16	101	8.33	102.02	-1.02	1.02	1.04	1.01
feb-16	103	7.73	94.70	8.30	8.30	68.93	8.06
mar-16	100	7.96	97.50	2.50	2.50	6.27	2.50
abr-16	112	8.74	107.08	4.92	4.92	24.25	4.40
may-16	103	8.39	102.75	0.25	0.25	0.06	0.24
jun-16	107	8.73	106.91	0.09	0.09	0.01	0.09
jul-16	100	8.41	103.05	-3.05	3.05	9.32	3.05
ago-16	106	8.73	106.90	-0.90	0.90	0.80	0.85
sep-16	101	8.16	99.92	1.08	1.08	1.17	1.07
oct-16	99	8.63	105.66	-6.66	6.66	44.34	6.73
nov-16	90	7.24	88.66	1.34	1.34	1.81	1.49
dic-16	103	8.95	109.60	-6.98	6.98	48.66	6.80
<b>Promedio</b>				0.20	2.88	18.75	2.82



Debido a que el error medio cuadrático calculado con el modelo de suavizado exponencial simple (83.37), disminuye con el modelo de suavizado exponencial con promedios (18.75), el cálculo de pronósticos es el siguiente:

2017		
Fecha	Promedio (%)	Pronóstico mensual
Enero	8.36	102.36
Febrero	7.51	91.93
Marzo	7.89	96.66
Abril	8.61	105.43
Mayo	8.38	102.66
Junio	8.73	106.87
Julio	8.50	104.07
Agosto	8.75	107.19
Septiembre	8.13	99.56
Octubre	8.81	107.88
Noviembre	7.20	88.20
Diciembre	9.14	111.92
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>1224.73</b>

2018		
Fecha	Promedio (%)	Pronóstico mensual
Enero	8.36	102.36
Febrero	7.51	91.93
Marzo	7.89	96.66
Abril	8.61	105.43
Mayo	8.38	102.66
Junio	8.73	106.87
Julio	8.50	104.07
Agosto	8.75	107.19
Septiembre	8.13	99.56
Octubre	8.81	107.88
Noviembre	7.20	88.20
Diciembre	9.14	111.92
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>1224.73</b>

Los resultados (con valores redondeados) para el año 2017 y 2018 son los siguientes:

<b>PRONÓSTICOS</b>				
2017	DIFENILHIDANTOINA	FENOBARBITAL	CARBAMAZEPINA	VALPROATO
<b>Modelo seleccionado:</b>	Regresión lineal con promedios			
<b>Enero</b>	118	92	147	171
<b>Febrero</b>	99	73	112	127
<b>Marzo</b>	132	79	112	143
<b>Abril</b>	116	81	127	155
<b>Mayo</b>	118	82	122	159
<b>Junio</b>	135	82	129	177
<b>Julio</b>	115	88	141	176
<b>Agosto</b>	112	86	139	165
<b>Septiembre</b>	139	87	131	191
<b>Octubre</b>	137	89	145	169
<b>Noviembre</b>	107	83	136	161
<b>Diciembre</b>	131	88	132	179
<b>Total</b>	1465	1015	1578	1978

<b>PRONÓSTICOS</b>				
2017	T-UPTAKE	TIROXINA (TOT T4)	INDICE DE TIROXINA LIBRE	TIROXINA LIBRE (FR T4)
<b>Modelo seleccionado:</b>	Regresión lineal con promedios			
<b>Enero</b>	912	925	922	911
<b>Febrero</b>	725	725	729	724
<b>Marzo</b>	800	814	800	812
<b>Abril</b>	834	833	834	833
<b>Mayo</b>	845	861	858	844
<b>Junio</b>	859	858	858	871
<b>Julio</b>	956	978	955	954
<b>Agosto</b>	897	896	910	896
<b>Septiembre</b>	935	948	935	947
<b>Octubre</b>	940	940	940	939
<b>Noviembre</b>	819	832	832	818
<b>Diciembre</b>	864	864	864	876
<b>Total</b>	10392	10480	10444	10432

## PRONÓSTICOS

2017	TRIYODOTIRONINA (TOT T3)	TRIYODOTIRONINA LIBRE (FT3)	TIROTROFINA (TSH)	LH
<b>Modelo seleccionado:</b>	Regresión lineal con promedios			
<b>Enero</b>	911	906	924	579
<b>Febrero</b>	724	734	738	485
<b>Marzo</b>	812	808	812	507
<b>Abril</b>	833	829	846	563
<b>Mayo</b>	844	866	857	584
<b>Junio</b>	871	880	871	553
<b>Julio</b>	954	949	968	646
<b>Agosto</b>	896	905	909	610
<b>Septiembre</b>	947	942	947	648
<b>Octubre</b>	939	934	952	657
<b>Noviembre</b>	818	841	831	583
<b>Diciembre</b>	876	879	876	607
<b>Total</b>	10432	10479	10536	7027

## PRONÓSTICOS

2017	FSH	ESTRADIOL	PROLACTINA	CORTISOL
<b>Modelo seleccionado:</b>	Regresión lineal con promedios			
<b>Enero</b>	572	460	707	693
<b>Febrero</b>	481	378	560	567
<b>Marzo</b>	526	409	618	634
<b>Abril</b>	558	422	659	689
<b>Mayo</b>	569	441	872	701
<b>Junio</b>	547	422	659	658
<b>Julio</b>	641	485	731	747
<b>Agosto</b>	602	494	698	710
<b>Septiembre</b>	642	462	755	743
<b>Octubre</b>	642	490	740	734
<b>Noviembre</b>	576	429	659	626
<b>Diciembre</b>	600	435	687	698
<b>Total</b>	6962	5333	8349	8205

<b>PRONÓSTICOS</b>			
<b>2017</b>	<b>TESTOSTERONA</b>	<b>GH</b>	<b>INSULINA</b>
<b>Modelo seleccionado:</b>	Regresión lineal con promedios	Suavizado exponencial simple con promedios	Suavizado exponencial simple con promedios
<b>Enero</b>	304	102	131
<b>Febrero</b>	256	91	129
<b>Marzo</b>	281	96	143
<b>Abril</b>	318	105	152
<b>Mayo</b>	304	102	155
<b>Junio</b>	297	106	159
<b>Julio</b>	322	104	165
<b>Agosto</b>	305	107	178
<b>Septiembre</b>	330	99	150
<b>Octubre</b>	298	107	153
<b>Noviembre</b>	280	88	145
<b>Diciembre</b>	320	111	174
<b>Total</b>	3620	1224	1839

<b>PRONÓSTICOS</b>			
<b>2017</b>	<b>HEMOGLOBINA GLUCOSILADA (HbA1C)</b>	<b>PSA TOTAL</b>	<b>ANTI-TPO</b>
<b>Modelo seleccionado:</b>	Regresión lineal con promedios	Suavizado exponencial simple con promedios	Suavizado exponencial simple con promedios
<b>Enero</b>	514	178	254
<b>Febrero</b>	390	149	197
<b>Marzo</b>	418	147	191
<b>Abril</b>	446	173	198
<b>Mayo</b>	436	151	195
<b>Junio</b>	444	153	199
<b>Julio</b>	493	154	244
<b>Agosto</b>	443	152	215
<b>Septiembre</b>	513	149	205
<b>Octubre</b>	508	137	214
<b>Noviembre</b>	398	134	222
<b>Diciembre</b>	439	141	159
<b>Total</b>	5446	1824	2499

<b>PRONÓSTICOS</b>				
<b>2018</b>	<b>DIFENILHIDAN-TOINA</b>	<b>FENOBARBITAL</b>	<b>CARBAMAZEPINA</b>	<b>VALPROATO</b>
<b>Modelo seleccionado:</b>	Regresión lineal con promedios			
<b>Enero</b>	116	92	145	168
<b>Febrero</b>	98	73	111	125
<b>Marzo</b>	130	79	110	140
<b>Abril</b>	113	81	125	152
<b>Mayo</b>	115	82	121	156
<b>Junio</b>	133	82	127	174
<b>Julio</b>	113	88	139	173
<b>Agosto</b>	109	86	138	162
<b>Septiembre</b>	137	87	129	187
<b>Octubre</b>	135	89	143	166
<b>Noviembre</b>	105	83	134	158
<b>Diciembre</b>	129	88	130	175
<b>Total</b>	1465	1015	1557	1942

<b>PRONÓSTICOS</b>				
<b>2018</b>	<b>T-UPTAKE</b>	<b>TIROXINA (TOT T4)</b>	<b>INDICE DE TIRXONA LIBRE</b>	<b>TIROXINA LIBRE (FR T4)</b>
<b>Modelo seleccionado:</b>	Regresión lineal con promedios			
<b>Enero</b>	929	942	938	927
<b>Febrero</b>	738	738	742	737
<b>Marzo</b>	814	829	814	827
<b>Abril</b>	849	848	849	848
<b>Mayo</b>	860	876	873	859
<b>Junio</b>	874	873	874	887
<b>Julio</b>	973	995	973	971
<b>Agosto</b>	913	912	927	912
<b>Septiembre</b>	952	965	952	964
<b>Octubre</b>	957	957	957	956
<b>Noviembre</b>	834	847	847	833
<b>Diciembre</b>	880	879	880	891
<b>Total</b>	10578	10667	10631	10617

## PRONÓSTICOS

2018	TRIYODOTIRONINA (TOT T3)	TRIYODOTIRONINA LIBRE (FT3)	TIROTROFINA (TSH)	LH
<b>Modelo seleccionado:</b>	Regresión lineal con promedios			
<b>Enero</b>	927	922	941	593
<b>Febrero</b>	737	747	751	497
<b>Marzo</b>	827	822	826	520
<b>Abril</b>	848	843	861	577
<b>Mayo</b>	859	881	872	599
<b>Junio</b>	887	895	886	567
<b>Julio</b>	971	965	985	663
<b>Agosto</b>	912	920	925	626
<b>Septiembre</b>	964	958	964	664
<b>Octubre</b>	956	950	969	674
<b>Noviembre</b>	833	855	846	598
<b>Diciembre</b>	891	894	892	623
<b>Total</b>	10617	10657	10722	7206

## PRONÓSTICOS

2018	FSH	ESTRADIOL	PROLACTINA	CORTISOL
<b>Modelo:</b>	Regresión lineal con promedios			
<b>Enero</b>	587	474	727	711
<b>Febrero</b>	492	389	575	582
<b>Marzo</b>	539	421	635	651
<b>Abril</b>	572	434	677	707
<b>Mayo</b>	583	454	896	719
<b>Junio</b>	561	434	677	675
<b>Julio</b>	656	499	751	767
<b>Agosto</b>	617	509	717	729
<b>Septiembre</b>	658	476	776	762
<b>Octubre</b>	657	505	761	753
<b>Noviembre</b>	591	441	677	642
<b>Diciembre</b>	615	447	706	716
<b>Total</b>	587	5489	8581	8420

<b>PRONÓSTICOS</b>			
<b>2018</b>	<b>TESTOSTERONA</b>	<b>GH</b>	<b>INSULINA</b>
<b>Modelo:</b>	Regresión lineal con promedios	Suavizado exponencial simple con promedios	Suavizado exponencial simple con promedios
<b>Enero</b>	310	102	131
<b>Febrero</b>	262	91	129
<b>Marzo</b>	286	96	143
<b>Abril</b>	324	105	152
<b>Mayo</b>	310	102	155
<b>Junio</b>	303	106	159
<b>Julio</b>	329	104	165
<b>Agosto</b>	311	107	178
<b>Septiembre</b>	336	99	150
<b>Octubre</b>	304	107	153
<b>Noviembre</b>	286	88	145
<b>Diciembre</b>	326	111	174
<b>Total</b>	3693	1224	1839

<b>PRONÓSTICOS</b>			
<b>2018</b>	<b>HEMOGLOBINA GLUCOSILADA (HbA1C)</b>	<b>PSA TOTAL</b>	<b>ANTI-TPO</b>
<b>Modelo:</b>	Regresión lineal con promedios	Suavizado exponencial simple con promedios	Suavizado exponencial simple con promedios
<b>Enero</b>	530	178	254
<b>Febrero</b>	402	149	197
<b>Marzo</b>	431	147	191
<b>Abril</b>	460	173	198
<b>Mayo</b>	449	151	195
<b>Junio</b>	458	153	199
<b>Julio</b>	509	154	244
<b>Agosto</b>	457	152	215
<b>Septiembre</b>	529	149	205
<b>Octubre</b>	524	137	214
<b>Noviembre</b>	410	134	222
<b>Diciembre</b>	453	141	159
<b>Total</b>	5618	1824	2499

## 4.2 INVENTARIOS

Para el caso del laboratorio, se utiliza el modelo estocástico con revisión continua, sin costo por mantener el inventario. Debido a que la demanda no es constante, se requiere tener un inventario de seguridad.

Se requiere definir la probabilidad de no quedarse sin inventario durante el tiempo en el que se emite una orden de pedido hasta que este llega. Para el caso del laboratorio, se define como un nivel de inventario de 95%, lo que significa que hay una probabilidad de 95% de que la demanda no sea mayor que la oferta, de otra manera, la probabilidad de que exista faltantes es del 5%. La demanda se debe distribuir normalmente durante el tiempo de espera, por lo que se utiliza la prueba de Kolmogorov- Smirnov:

$H_0$ : Los datos analizados provienen de una población con la distribución de probabilidad supuesta

$H_1$ : Los datos analizados provienen de una población con la distribución de probabilidad supuesta

$$D = |F_t - F_0|$$

$F_t$ : Frecuencia esperada

$F_0$ : Frecuencia observada

Para un nivel de significancia,  $\alpha < 0.05$ , con una muestra de  $n=35$ , la diferencia máxima para una distribución normal en el test de Kolmogorov- Smirnov es de 0.22425.

Se realiza el test a todos los analitos, las diferencias resultaron ser menores al valor crítico de (.22425), por lo que la hipótesis nula de que la distribución de los datos es normal no se rechaza, con un 5% de significancia.

Se utiliza el modelo estocástico con revisión continua, sin costo por mantener el inventario:

$$Q = \sqrt{\frac{2dK}{h}}$$

En donde:

$Q$ : cantidad a ordenar

$d$ : demanda promedio por unidad de tiempo

$k$ : costo de preparación cada vez que se coloca una orden

$p$ : costo por faltantes costo por faltantes

Para la elección del punto de reorden ( $R$ ), ya que la demanda presenta una distribución normal:

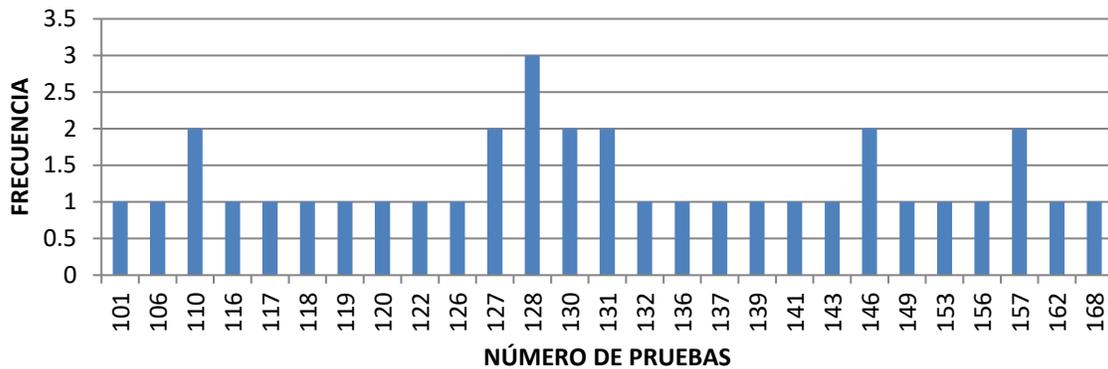
$$R = \mu + K_{1-L} \sigma$$

Inventario de seguridad:  $R - \mu = K_{1-L} \sigma$

A continuación, se muestra los cálculos realizados:

<b>DIFENILHIDANTOINA</b>					
<b>Datos</b>	<b>Frecuencia observada</b>	<b>Frecuencia relativa observada</b>	<b>Frecuencia relativa acumulada observada</b>	<b>Frecuencia relativa acumulada esperada</b>	<b>Diferencia absoluta</b>
101	1	0.029	0.029	0.027	0.002
106	1	0.029	0.057	0.052	0.005
110	2	0.057	0.114	0.084	0.031
116	1	0.029	0.143	0.155	0.012
117	1	0.029	0.171	0.170	0.002
118	1	0.029	0.200	0.185	0.015
119	1	0.029	0.229	0.202	0.027
120	1	0.029	0.257	0.219	0.038
122	1	0.029	0.286	0.257	0.029
126	1	0.029	0.314	0.341	0.026
127	2	0.057	0.371	0.363	0.008
128	3	0.086	0.457	0.386	0.071
130	2	0.057	0.514	0.433	0.081
131	2	0.057	0.571	0.457	0.114
132	1	0.029	0.600	0.481	0.119
136	1	0.029	0.629	0.578	0.051
137	1	0.029	0.657	0.601	0.056
139	1	0.029	0.686	0.647	0.039
141	1	0.029	0.714	0.691	0.023
143	1	0.029	0.743	0.732	0.010
146	2	0.057	0.800	0.789	0.011
149	1	0.029	0.829	0.837	0.009
153	1	0.029	0.857	0.890	0.033
156	1	0.029	0.886	0.920	0.035
157	2	0.057	0.943	0.929	0.014
162	1	0.029	0.971	0.962	0.010
168	1	0.029	1.000	0.984	0.016

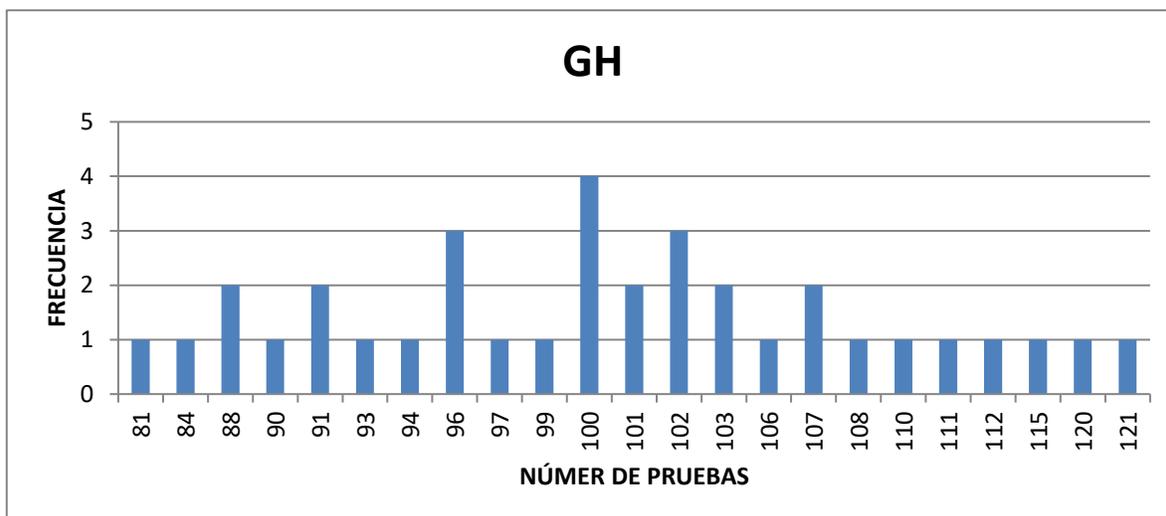
## DIFENILHIDANTOINA



<b>Total</b>	35.000
<b>Media</b>	132.771
<b>Varianza</b>	272.182
<b>Desviación estándar</b>	16.498
<b>Dif. Máx.</b>	0.119
<b>Valor crítico</b>	0.224

Como la diferencia máxima observada 0.119 es menor que el valor crítico 0.224, entonces la hipótesis nula de que los datos parecen provenir de una distribución normal, con una media 132.771 y desviación estándar 16.498 no se rechaza con un 5% de significancia.

<b>GH</b>					
<b>Datos</b>	<b>Frecuencia observada</b>	<b>Frecuencia relativa observada</b>	<b>Frecuencia relativa acumulada observada</b>	<b>Frecuencia relativa acumulada esperada</b>	<b>Diferencia absoluta</b>
81	1	0.029	0.029	0.019	0.010
84	1	0.029	0.057	0.039	0.018
88	2	0.057	0.114	0.092	0.023
90	1	0.029	0.143	0.132	0.011
91	2	0.057	0.200	0.156	0.044
93	1	0.029	0.229	0.213	0.015
94	1	0.029	0.257	0.246	0.012
96	3	0.086	0.343	0.318	0.025
97	1	0.029	0.371	0.357	0.015
99	1	0.029	0.400	0.439	0.039
100	4	0.114	0.514	0.482	0.033
101	2	0.057	0.571	0.524	0.047
102	3	0.086	0.657	0.567	0.090
103	2	0.057	0.714	0.608	0.106
106	1	0.029	0.743	0.725	0.018
107	2	0.057	0.800	0.759	0.041
108	1	0.029	0.829	0.791	0.037
110	1	0.029	0.857	0.847	0.010
111	1	0.029	0.886	0.871	0.015
112	1	0.029	0.914	0.892	0.022
115	1	0.029	0.943	0.941	0.002
120	1	0.029	0.971	0.982	0.011
121	1	0.029	1.000	0.986	0.014



<b>Total</b>	35.000
<b>Media</b>	100.429
<b>Varianza</b>	87.193
<b>Desviación estándar</b>	9.338
<b>Dif. Máx.</b>	0.106
<b>Valor crítico</b>	0.224

Como la diferencia máxima observada 0.106 es menor que el valor crítico 0.224, entonces la hipótesis nula de que los datos parecen provenir de una distribución normal, con una media 100.429 y desviación estándar 9.338 no se rechaza con un 5% de significancia.

A continuación, se muestran los cálculos del modelo estocástico con revisión continua:

<b>DIFENILHIDANTOINA</b>	
Costo unitario (\$/unidad), c	88.78
Costo anual de mantener el inventario (%por año), i	0.1
Costo total anual de mantener el inventario (\$ por unidad por año), h=ic	8.878
Costo de ordenar (\$ por orden), k	300
Demanda por unidad de tiempo, d	1465
Número de piezas a ordenar, Q	314.70
Longitud del ciclo de inventario: Q/D (días)	78.38

<b>Inventario de seguridad</b>	
Nivel de servicio, L	0.95
Apéndice 5 (Hillier), K(1-L)	1.645
Demanda media	133
Varianza	16.50
R	159.91
Inventario de seguridad	27

<b>GH</b>	
Costo unitario (\$/unidad), c	78
Costo anual de mantener el inventario (%por año), i	0.1
Costo total anual de mantener el inventario (\$ por unidad por año), h=ic	7.8
Costo de ordenar (\$ por orden), k	300
Demanda por unidad de tiempo, d	1225
Número de piezas a ordenar, Q	306.94
Longitud del ciclo de inventario: Q/D (días)	91.47

<b>Inventario de seguridad</b>	
Nivel de servicio, L	0.95
Apéndice 5 (Hillier), K(1-L)	1.645
Demanda media	100
Varianza	9.34
R	115.79
Inventario de seguridad	15

Los resultados, los cuales fueron redondeados a números enteros son los siguientes:

<b>INVENTARIOS</b>	<b>DIFENILHIDANTOINA</b>	<b>FENOBARBITAL</b>	<b>CARBAMAZEPINA</b>	<b>VALPROATO</b>
Número de piezas a ordenar, Q	314	261	326	326
Longitud del ciclo de inventario: Q/D (días)	78	94	75	75
Inventario de seguridad	27	23	23	23

<b>INVENTARIOS</b>	<b>T-UPTAKE</b>	<b>TIROXINA (TOT T4)</b>	<b>INDICE DE TIRXONA LIBRE</b>	<b>TIROXINA LIBRE (FR T4)</b>
Número de piezas a ordenar, Q	1068	1068	757	757
Longitud del ciclo de inventario: Q/D (días)	1068	37	26	26
Inventario de seguridad	132	132	131	132

<b>INVENTARIOS</b>	<b>TRIIYODOTIRONIN A (TOT T3)</b>	<b>TRIIYODOTIRONIN A LIBRE (FT3)</b>	<b>TIROTROFIN A (TSH)</b>	<b>LH</b>
Número de piezas a ordenar, Q	757	757	1076	797
Longitud del ciclo de inventario: Q/D (días)	26	26	37	41
Inventario de seguridad	133	133	132	106

<b>INVENTARIOS</b>	<b>FSH</b>	<b>ESTRADIOL</b>	<b>PROLACTINA</b>	<b>CORTISOL</b>
Número de piezas a ordenar, Q	793	573	705	794
Longitud del ciclo de inventario: Q/D (días)	793	39	30	35
Inventario de seguridad	103	84	142	165

<b>INVENTARIOS</b>	<b>TESTOSTERONA</b>	<b>GH</b>	<b>INSULINA</b>
Número de piezas a ordenar, Q	472	306	376
Longitud del ciclo de inventario: Q/D (días)	47	91	74
Inventario de seguridad	60	15	45

<b>INVENTARIOS</b>	<b>HEMOGLOBINA GLUCOSILADA (HbA1C)</b>	<b>PSA TOTAL</b>	<b>ANTI-TPO</b>
Número de piezas a ordenar, Q	232	374	524
Longitud del ciclo de inventario: Q/D (días)	15	74	76
Inventario de seguridad	95	42	142

De acuerdo a los resultados obtenidos, tomando en cuenta que los pedidos deben realizarse cuando el nivel mínimo sea el inventario de seguridad, se puede calendarizar de la siguiente manera: en la columna de nivel se muestra la demanda acumulada (proveniente de los pronósticos), se realiza la revisión continua y cuando el nivel de inventario es el del inventarios de seguridad se genera en ese mes un pedido, los resultados se muestran a continuación:

2018	DIFENILHIDANTOINA		FENOBARBITAL		CARBAMAZEPINA	
	Nivel	Pedido	Nivel	Pedido	Nivel	Pedido
<b>Número de piezas a ordenar</b>	400	0	300	0	400	0
<b>Inventario de seguridad</b>	30	0	30	0	30	0
<b>Enero</b>	116	400	92	300	145	400
<b>Febrero</b>	214	0	165	0	256	0
<b>Marzo</b>	344	0	244	0	366	0
<b>Abril</b>	457	400	325	300	491	400
<b>Mayo</b>	572	0	407	0	612	0
<b>Junio</b>	705	0	489	0	739	0
<b>Julio</b>	818	400	577	300	878	400
<b>Agosto</b>	927	0	663	0	1016	0
<b>Septiembre</b>	1064	0	750	0	1145	0
<b>Octubre</b>	1199	400	839	0	1288	400
<b>Noviembre</b>	1304	0	922	300	1422	0
<b>Diciembre</b>	1433	0	1010	0	1552	0
<b>TOTAL</b>		1600		1200		1600

2018	VALPROATO		T-UP TAKE		TIROXINA ( TOT T4)	
	Nivel	Pedido	Nivel	Pedido	Nivel	Pedido
<b>Número de piezas a ordenar</b>	400	0	1200	0	1200	0
<b>Inventario de seguridad</b>	30	0	140	0	140	0
<b>Enero</b>	168	400	929	1200	942	1200
<b>Febrero</b>	293	0	1667	1200	1680	1200
<b>Marzo</b>	433	400	2481	1200	2509	1200
<b>Abril</b>	585	0	3330	0	3357	0
<b>Mayo</b>	741	0	4190	1200	4233	1200
<b>Junio</b>	915	400	5064	1200	5106	1200
<b>Julio</b>	1088	0	6037	1200	6101	1200
<b>Agosto</b>	1250	400	6950	0	7013	0
<b>Septiembre</b>	1437	0	7902	1200	7978	1200
<b>Octubre</b>	1603	400	8859	1200	8935	1200
<b>Noviembre</b>	1761	0	9693	1200	9782	1200
<b>Diciembre</b>	1936	0	10573	0	10661	1200
<b>TOTAL</b>		2000		10800		12000

2018	INDICE DE TIRXONA LIBRE		TIROXINA LIBRE (FR T4)		TRIYODOTIRONINA (TOT T3)	
	Nivel	Pedido	Nivel	Pedido	Nivel	Pedido
Número de piezas a ordenar	900	0	900	0	900	0
Inventario de seguridad	140	0	140	0	140	0
Enero	938	900	927	900	927	900
Febrero	1680	900	1664	900	1664	900
Marzo	2494	900	2491	900	2491	900
Abril	3343	900	3339	900	3339	900
Mayo	4216	900	4198	900	4198	900
Junio	5090	900	5085	900	5085	900
Julio	6063	900	6056	900	6056	900
Agosto	6990	900	6968	900	6968	900
Septiembre	7942	900	7932	900	7932	900
Octubre	8899	900	8888	900	8888	900
Noviembre	9746	900	9721	900	9721	900
Diciembre	10626	900	10612	900	10612	900
<b>TOTAL</b>		10800		10800		10800

2018	TRIYODOTIRONINA LIBRE (FT3)		TIROTROFINA (TSH)		LH	
	Nivel	Pedido	Nivel	Pedido	Nivel	Pedido
Número de piezas a ordenar	900	0	1300	0	1000	0
Inventario de seguridad	140	0	140	0	110	0
Enero	922	900	941	1300	593	1000
Febrero	1669	900	1692	1300	1090	1000
Marzo	2491	900	2518	1300	1610	0
Abril	3334	900	3379	0	2187	1000
Mayo	4215	900	4251	1300	2786	0
Junio	5110	900	5137	1300	3353	1000
Julio	6075	900	6122	0	4016	1000
Agosto	6995	900	7047	1300	4642	0
Septiembre	7953	900	8011	1300	5306	1000
Octubre	8903	900	8980	1300	5980	1000
Noviembre	9758	900	9826	0	6578	0
Diciembre	10652	900	10718	1300	7201	1000
<b>TOTAL</b>		10800		11700		8000

2018	FSH		ESTRADIOL		PROLACTINA	
	Nivel	Pedido	Nivel	Pedido	Nivel	Pedido
<b>Número de piezas a ordenar</b>	900	0	700	0	900	0
<b>Inventario de seguridad</b>	110	0	90	0	150	0
<b>Enero</b>	587	900	474	700	727	900
<b>Febrero</b>	1079	900	863	700	1302	900
<b>Marzo</b>	1618	0	1284	0	1937	900
<b>Abril</b>	2190	900	1718	700	2614	900
<b>Mayo</b>	2773	900	2172	700	3510	900
<b>Junio</b>	3334	0	2606	0	4187	0
<b>Julio</b>	3990	900	3105	700	4938	900
<b>Agosto</b>	4607	900	3614	700	5655	900
<b>Septiembre</b>	5265	0	4090	0	6431	900
<b>Octubre</b>	5922	900	4595	700	7192	900
<b>Noviembre</b>	6513	900	5036	700	7869	0
<b>Diciembre</b>	7128	900	5483	0	8575	900
<b>TOTAL</b>		8100		5600		9000

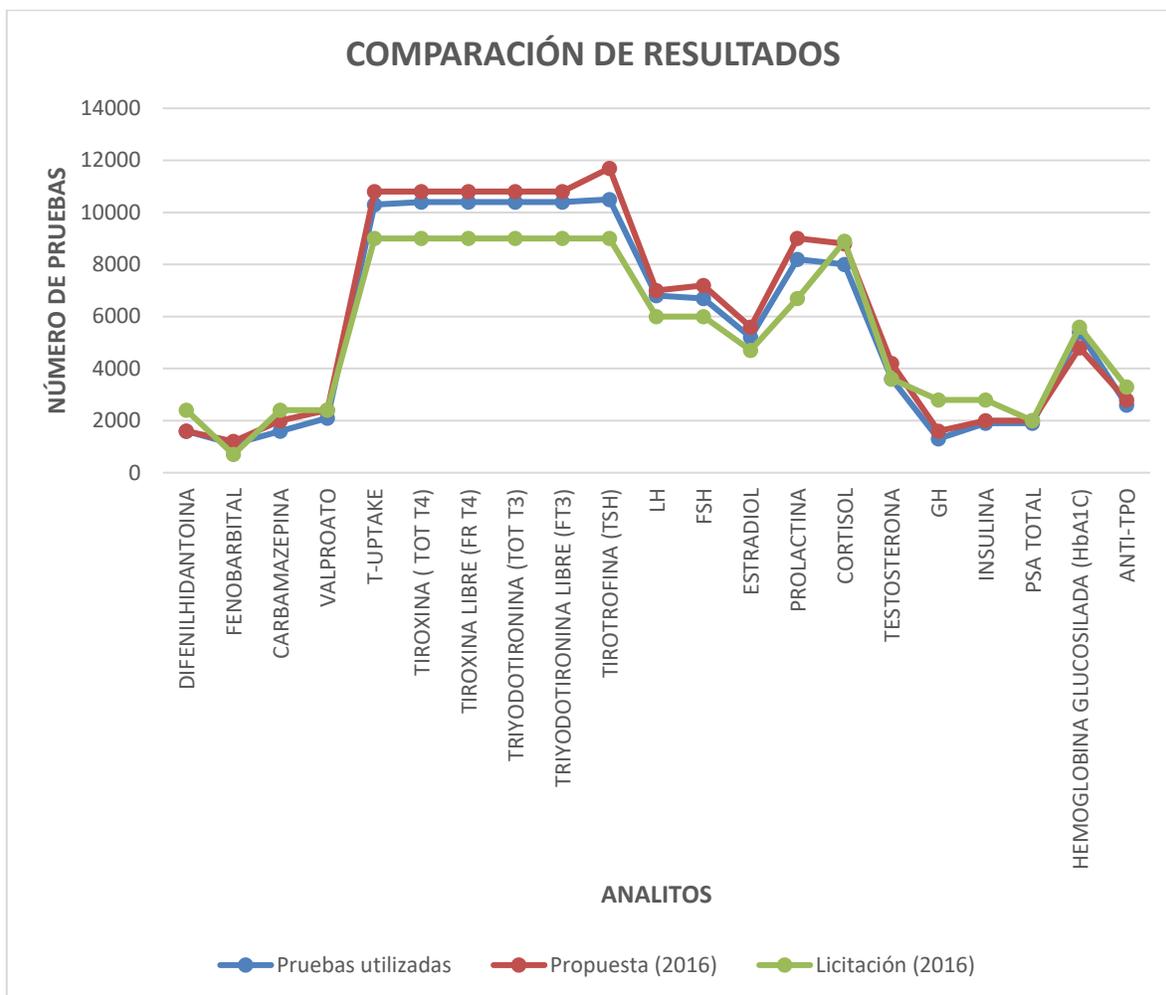
2018	CORTISOL		TESTOSTERONA		GH	
	Nivel	Pedido	Nivel	Pedido	Nivel	Pedido
<b>Número de piezas a ordenar</b>	800	0	600	0	400	0
<b>Inventario de seguridad</b>	170	0	60	0	20	0
<b>Enero</b>	711	800	310	600	102	400
<b>Febrero</b>	1293	800	572	600	193	0
<b>Marzo</b>	1944	800	858	0	289	0
<b>Abril</b>	2651	800	1182	600	394	400
<b>Mayo</b>	3370	800	1492	0	496	0
<b>Junio</b>	4045	800	1795	600	602	0
<b>Julio</b>	4812	800	2124	0	706	0
<b>Agosto</b>	5541	800	2435	600	813	400
<b>Septiembre</b>	6303	800	2771	0	912	0
<b>Octubre</b>	7056	800	3075	600	1019	0
<b>Noviembre</b>	7698	0	3361	0	1107	0
<b>Diciembre</b>	8414	800	3687	600	1218	400
<b>TOTAL</b>		8800		4200		1600

2018	INSULINA		HEMOGLOBINA GLUCOSILADA (HbA1C)		PSA TOTAL	
	Nivel	Pedido	Nivel	Pedido	Nivel	Pedido
<b>Número de piezas a ordenar</b>	500	0	400	0	500	0
<b>Inventario de seguridad</b>	50	0	100	0	50	0
<b>Enero</b>	131	500	530	400	178	500
<b>Febrero</b>	260	0	932	400	327	0
<b>Marzo</b>	403	0	1363	400	474	500
<b>Abril</b>	555	500	1823	400	647	0
<b>Mayo</b>	710	0	2272	400	798	0
<b>Junio</b>	869	0	2730	400	951	500
<b>Julio</b>	1034	500	3239	400	1105	0
<b>Agosto</b>	1212	0	3696	400	1257	0
<b>Septiembre</b>	1362	0	4225	400	1406	0
<b>Octubre</b>	1515	500	4749	400	1543	500
<b>Noviembre</b>	1660	0	5159	400	1677	0
<b>Diciembre</b>	1834	0	5612	400	1818	0
<b>TOTAL</b>		2000		4800		2000

2018	ANTI-TPO	
	Nivel	Pedido
<b>Número óptimo de piezas a ordenar</b>	700	0
<b>Inventario de seguridad</b>	150	0
<b>Enero</b>	254	700
<b>Febrero</b>	451	0
<b>Marzo</b>	642	700
<b>Abril</b>	840	0
<b>Mayo</b>	1035	0
<b>Junio</b>	1234	0
<b>Julio</b>	1478	700
<b>Agosto</b>	1693	0
<b>Septiembre</b>	1898	0
<b>Octubre</b>	2112	700
<b>Noviembre</b>	2334	0
<b>Diciembre</b>	2493	0
<b>TOTAL</b>		2800

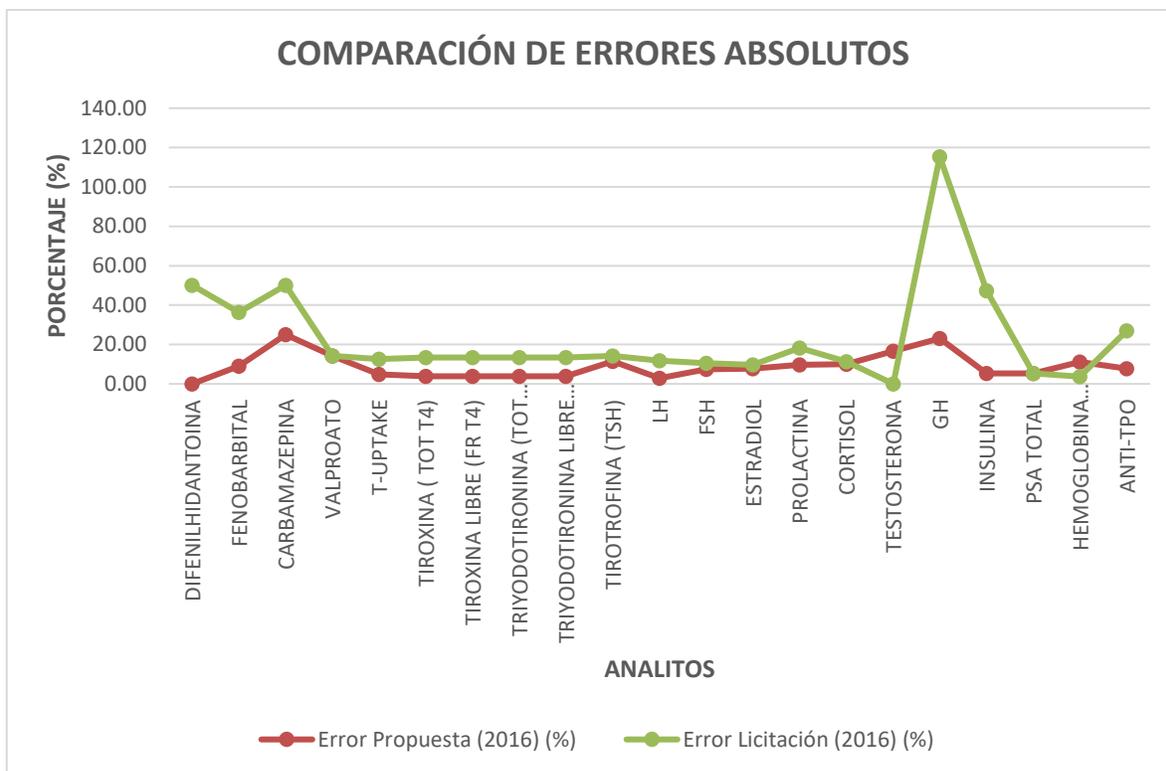
De acuerdo a la información del laboratorio, se tiene los datos de las pruebas reales del 2016, por lo que se usará ese año para comparar el funcionamiento del modelo propuesto:

<b>2016</b>	<b>Pruebas utilizadas</b>	<b>Propuesta (2016)</b>	<b>Licitación (2016)</b>
DIFENILHIDANTOINA	1600	1600	2400
FENOBARBITAL	1100	1200	700
CARBAMAZEPINA	1600	2000	2400
VALPROATO	2100	2400	2400
T-UPTAKE	10300	10800	9000
TIROXINA ( TOT T4)	10400	10800	9000
TIROXINA LIBRE (FR T4)	10400	10800	9000
TRIYODOTIRONINA (TOT T3)	10400	10800	9000
TRIYODOTIRONINA LIBRE (FT3)	10400	10800	9000
TIROTROFINA (TSH)	10500	11700	9000
LH	6800	7000	6000
FSH	6700	7200	6000
ESTRADIOL	5200	5600	4700
PROLACTINA	8200	9000	6700
CORTISOL	8000	8800	8900
TESTOSTERONA	3600	4200	3600
GH	1300	1600	2800
INSULINA	1900	2000	2800
PSA TOTAL	1900	2000	2000
HEMOGLOBINA GLUCOSILADA (HbA1C)	5400	4800	5600
ANTI-TPO	2600	2800	3300



Cómo se puede observar en la gráfica, se comparan los datos reales, con las pruebas que se piden en la licitación y el modelo propuesto. Este último es una buena aproximación de los datos reales, a continuación, se presenta una comparación de los errores absolutos:

<b>2016</b>	<b>Pruebas utilizadas</b>	<b>Error Propuesta (2016) (%)</b>	<b>Error Licitación (2016) (%)</b>
DIFENILHIDANTOINA	1600	0.00	50.00
FENOBARBITAL	1100	9.09	36.36
CARBAMAZEPINA	1600	25.00	50.00
VALPROATO	2100	14.29	14.29
T-UPTAKE	10300	4.85	12.62
TIROXINA ( TOT T4)	10400	3.85	13.46
TIROXINA LIBRE (FR T4)	10400	3.85	13.46
TRIYODOTIRONINA (TOT T3)	10400	3.85	13.46
TRIYODOTIRONINA LIBRE (FT3)	10400	3.85	13.46
TIROTROFINA (TSH)	10500	11.43	14.29
LH	6800	2.94	11.76
FSH	6700	7.46	10.45
ESTRADIOL	5200	7.69	9.62
PROLACTINA	8200	9.76	18.29
CORTISOL	8000	10.00	11.25
TESTOSTERONA	3600	16.67	0.00
GH	1300	23.08	115.38
INSULINA	1900	5.26	47.37
PSA TOTAL	1900	5.26	5.26
HEMOGLOBINA GLUCOSILADA (HbA1C)	5400	11.11	3.70
ANTI-TPO	2600	7.69	26.92



Los errores presentados en el modelo propuesto son menores al modelo usado por el laboratorio para solicitar insumos.

De acuerdo a los cálculos mostrados anteriormente, se presentan los resultados obtenidos del modelo de propuesta del 2018 comparada con la licitación de este mismo año:

<b>2018</b>	<b>Licitación</b>	<b>Propuesta</b>
<b>DIFENILHIDANTOINA</b>	24	16
<b>FENOBARBITAL</b>	7	12
<b>CARBAMAZEPINA</b>	24	16
<b>VALPROATO</b>	24	20
<b>T-UPTAKE</b>	90	108
<b>TIROXINA ( TOT T4)</b>	90	120
<b>TIROXINA LIBRE (FR T4)</b>	90	108
<b>TRİYODOTIRONINA (TOT T3)</b>	90	108
<b>TRİYODOTIRONINA LIBRE (FT3)</b>	90	108
<b>TIROTROFINA (TSH)</b>	90	117
<b>LH</b>	60	80
<b>FSH</b>	60	81
<b>ESTRADIOL</b>	47	56
<b>PROLACTINA</b>	67	90
<b>CORTISOL</b>	89	88
<b>TESTOSTERONA</b>	36	42
<b>GH</b>	28	16
<b>INSULINA</b>	28	20
<b>PSA TOTAL</b>	20	20
<b>HEMOGLOBINA GLUCOSILADA (HbA1C)</b>	14	12
<b>ANTI-TPO</b>	33	28

## **4.3 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIO.**

Como resultado del análisis y la investigación desarrollada en este trabajo, se realizó un procedimiento para la elaboración de una política de inventarios, mismo que se presenta a continuación:

### **TABLA DE CONTENIDO**

- 1. OBJETIVO.**
- 2. ALCANCE.**
- 3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES.**
- 4. POLÍTICAS.**
- 5. RESPONSABILIDADES.**
- 6. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.**
  - 6.1 DESBLOQUEO DE LA HOJA DE CÁLCULO.**
  - 6.2 ACTUALIZACIÓN DE DATOS DE LA HOJA DE CÁLCULO.**
  - 6.3 ACTUALIZACIÓN DE GRÁFICAS.**
  - 6.4 OBTENCIÓN DEL CÁLCULO DE PRONÓSTICOS.**
  - 6.5 OBTENCIÓN DEL CÁLCULO DE INVENTARIOS**
  
  - 6.6 CALENDARIZACIÓN DE PEDIDOS**
  - 6.7 BLOQUEO DE LA HOJA DE CÁLCULO**
- 7. REGISTROS.**
- 8. REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA.**

#### **1. OBJETIVO.**

Realizar los cálculos necesarios para el pronóstico de la demanda e inventarios a utilizar.

#### **2. ALCANCE.**

Aplica a toda la información que se genera y documenta del Sistema de Gestión de Calidad del área de hormonas y niveles séricos del Laboratorio de Análisis clínico para la realización de este procedimiento.

### 3. TÉRMINOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.

**Calidad.** Cumplimiento de especificaciones establecidas para garantizar la aptitud de uso.

**Criterios de aceptación.** Especificaciones, estándares o intervalos predefinidos que deben cumplirse bajo condiciones de prueba preestablecidas.

**Especificación.** Descripción de un material, sustancia o producto, que incluye los parámetros de calidad, límites de aceptación y la referencia de los métodos a utilizar para su determinación.

**Registro electrónico.** Conjunto de información que incluye datos electrónicos ( texto, numérico o gráfico) que es creado, modificado, archivado, restaurado o transmitido a través de un sistema computarizado.

**Sistema de Gestión de Calidad.** La manera como la organización dirige y controla las actividades asociadas con la calidad.

**Validación.** Confirmación mediante un suministro de evidencia objetiva cuya finalidad es demostrar la funcionalidad, consistencia y robustez de un proceso dado en cuanto a su capacidad para entregar un producto de calidad.

### 4. POLÍTICAS.

N/A

### 5. RESPONSABILIDADES.

Es responsabilidad del Responsable de Calidad:

- Verificar que la información se genere adecuadamente.
- Actualizar la información necesaria.
- Analizar la información generada.
- Realizar los cálculos de acuerdo a este procedimiento.

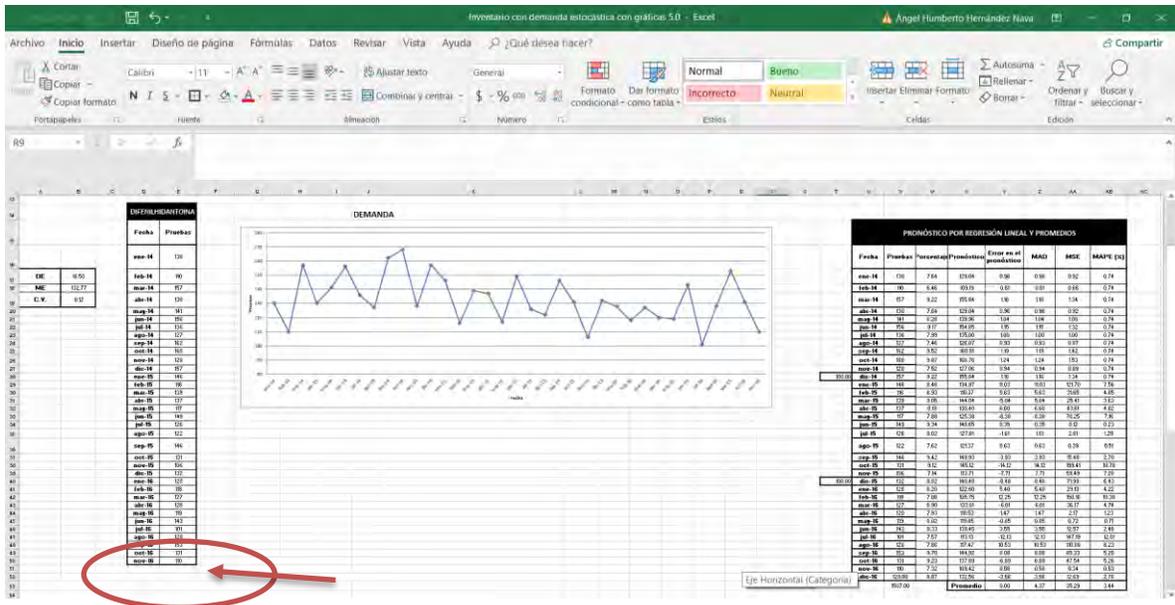
### 6. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.

#### 6.1 DESBLOQUEO DE LA HOJA DE CÁLCULO.

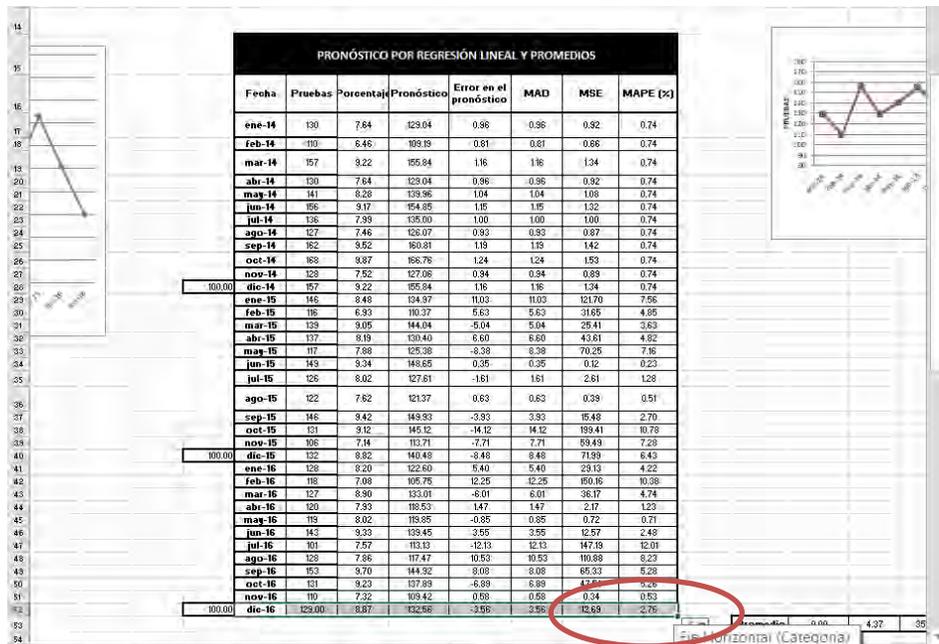
6.1.1 Desbloquear la hoja de cálculo de acuerdo al PRO-XX-XX. Procedimiento de validación de hojas de cálculo en la sección 6.2.

#### 6.2 ACTUALIZACIÓN DE DATOS DE LA HOJA DE CÁLCULO.

6.2.1 En la tabla donde se mencionan la fecha y el número de pruebas, se debe actualizar en la parte inferior los datos mensuales para cada analito:



6.2.2. En la tabla de “pronóstico por regresión lineal y promedios”, colocarse en la parte inferior, seleccionar la última fila de datos, colocar el puntero en la parte inferior derecha hasta que aparezca una cruz, después arrastras las formulas tantas filas hacia abajo como datos se ingresaron.



6.2.3. Repetir la misma acción en la tabla de Regresión lineal:

	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE
	<b>DIFENILHIDANTOINA</b>							
	<b>REGRESIÓN LINEAL</b>							
	Fecha	Pruebas	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)	
1	2014	1702.00	1689.47	12.53	12.53	207.40	0.74	1
2	2015	1567.00	1592.06	-25.06	25.06	537.40	1.60	1
3	2016	1507.17	1494.64	12.53	12.53	207.40	0.83	1
4								1
5								1

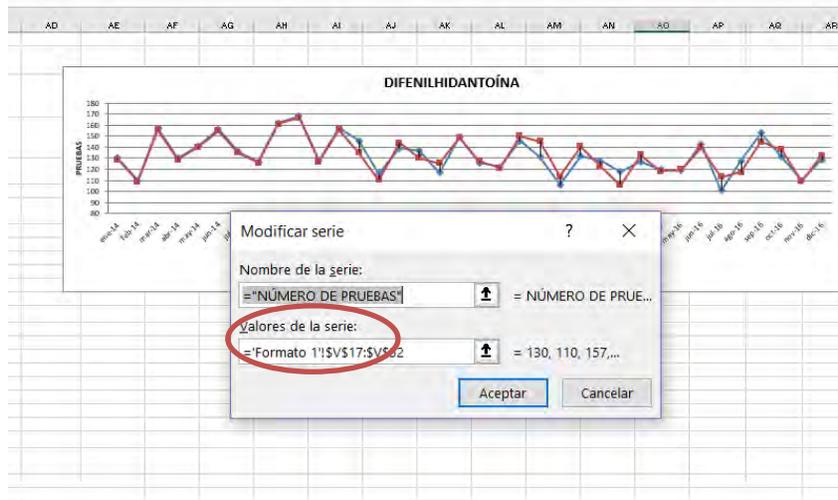
## 6.3 ACTUALIZACIÓN DE GRÁFICAS.

6.3.1 Después de actualizar los datos, en las gráficas dar click derecho, seleccionar datos.

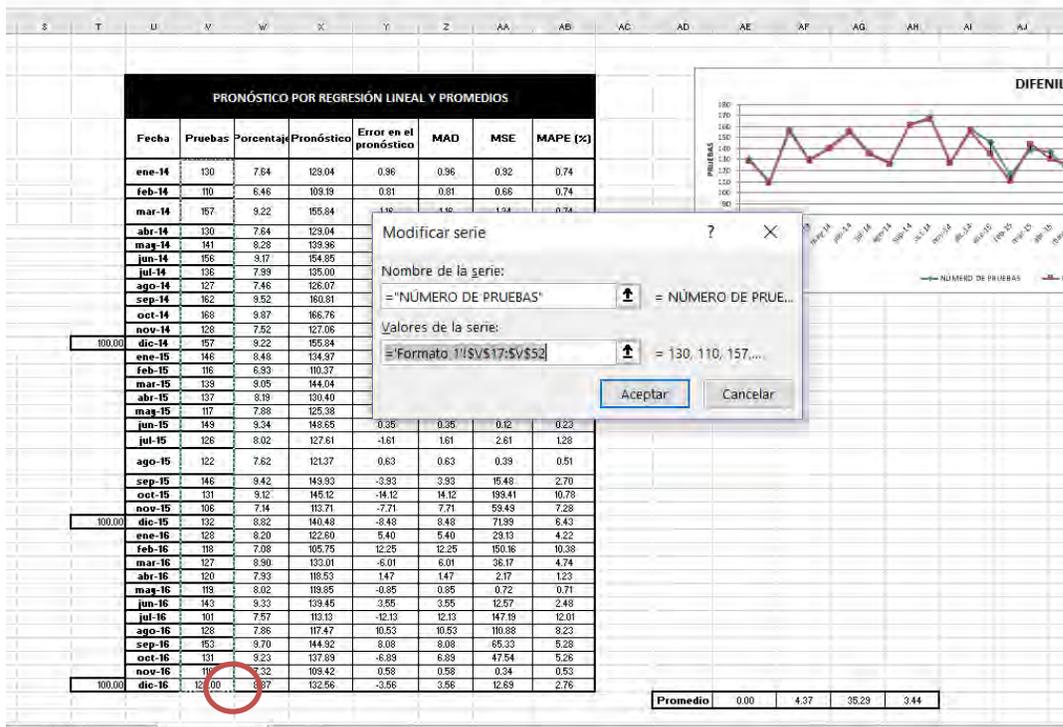
6.3.2. Del lado derecho del cuadro de diálogo, en el recuadro de entradas de leyenda (series), seleccionar la primera entrada.

The screenshot shows a software interface with a line chart titled "DIFENILHIDANTOINA" and a dialog box titled "Seleccionar origen de datos". The dialog box has a "Rango de datos del gráfico:" field and a "Cambiar fila/columna" button. Below are two panes: "Entradas de leyenda (Series)" and "Etiquetas del eje horizontal (categoria)". The "Entradas de leyenda (Series)" pane has a red circle around the first two entries: "NÚMERO DE PRUEBAS" and "PRONÓSTICO POR REGRESIÓN LINEAL Y PROMEDIO". The "Etiquetas del eje horizontal (categoria)" pane has a list of months: "ene-14", "feb-14", "mar-14", "abr-14", and "may-14".

6.3.3 Seleccionar modificar, Después en el cuadro de diálogo modificar serie, seleccionar valores de la serie.



6.3.4 Una vez que los datos se marquen en las tablas, en la última casilla, en la parte inferior derecha, arrastrar la selección hasta los nuevos datos agregados.



6.3.5 Después , seleccionar la casilla de aceptar.

6.3.6 A continuación seleccionar la segunda entrada en el cuadro de diálogo entradas de leyenda (series) y repetir los pasos 6.3.3 a 6.3.6.

6.3.6 Repetir todo el punto 6.3 para las gráficas restantes.

## 6.4 OBTENCIÓN DEL CÁLCULO DE PRONÓSTICOS.

6.4.1 En la tabla de regresión lineal, en la columna de pronósticos, es el resultado del dato actual.

DIFENILHIDANTOINA						
REGRESIÓN LINEAL						
Fecha	Pruebas	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
2014	1702.00	1653.47	12.53	12.53	207.40	0.74
2015	1567.00	1532.06	-25.06	25.06	537.40	1.60
2016	1507.17	1494.64	12.53	12.53	207.40	0.83

6.4.2 Seleccionar la tabla con el dato del año anterior, después copiar y pegar en la parte de abajo.

2018		
Fecha	Promedio (%)	Pronóstico mensual
Enero	8.11	
Febrero	6.82	
Marzo	3.06	
Abril	7.92	
Mayo	8.06	
Junio	9.23	
Julio	7.86	
Agosto	7.85	
Septiembre	9.54	
Octubre	3.40	
Noviembre	7.33	
Diciembre	9.87	
Total	100.99	

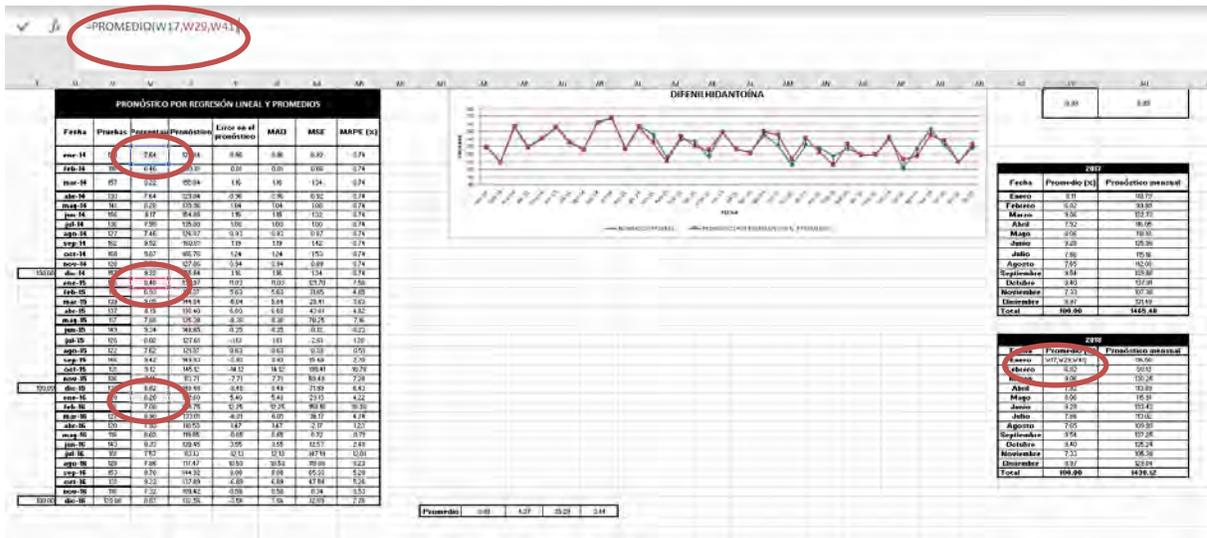
2018		
Enero	Promedio (%)	Pron...
Enero	7.79	
Febrero	7.74	
Marzo	9.56	
Abril	9.17	
Mayo	7.23	
Junio	8.85	
Julio	8.20	
Agosto	7.08	
Septiembre	8.90	
Octubre	7.93	
Noviembre	8.02	
Diciembre	9.33	
Total	99.80	

6.4.3 Renombrar la tabla con el año en curso.

6.4.4 En la columna de pronóstico mensual, fila total, colocar el dato que del pronóstico actual calculado en el punto 6.4.1.

6.4.5 En la columna de promedio (%), seleccionar el primer mes, y en la barra de formulas, agregar el mes del dato actual.

6.4.6 Hacer lo mismo con cada mes.



6.4.7 En la columna de pronóstico mensual se encuentra los resultados del año siguiente.

## 6.5 OBTENCIÓN DEL CÁLCULO DE INVENTARIOS

6.5.1 En la tabla de Difenilhidantoina, en la fila de demanda por unidad de tiempo, colocar la suma del pronóstico generado en la tabla del punto anterior.

DIFENILHIDANTOINA		
Costo unitario (\$/unidad), c <sub>u</sub>		88.78
Costo anual de mantener el inventario (por año), h <sub>c</sub>		0.1
Costo total anual de mantener el inventario (\$ por unidad por año), h <sub>u</sub>		8.878
Costo de ordenar (\$ por orden), k <sub>a</sub>		300
Demanda por unidad de tiempo, d <sub>t</sub>		1465
Número de piezas a ordenar, Q <sub>o</sub>		34.70
Longitud del ciclo de inventario, Q <sub>o</sub> (días)		78.33

Inventario de seguridad	
Nivel de servicio, L <sub>s</sub>	0.95
Apéndice 5 [Hillier], K(Z) <sub>s</sub>	1.645
Demanda media	133
Varianza	16.50
σ <sub>s</sub>	123.91
Inventario de seguridad	27

$$V = \frac{d \cdot L_s}{\sigma} \sqrt{\frac{L_s}{p}}$$

$d$  = demanda promedio por unidad de tiempo  
 $k_a$  = costo de preparación cada vez que se coloca una orden  
 $h_c$  = costo de mantener inventario por cada unidad en inventario por unidad de tiempo  
 $p$  = Costo por faltantes  
 $L_s = \mu + E_{z, 1-p}$

## 6.6 CALENDARIZACIÓN DE PEDIDOS

6.6.1 De acuerdo a los resultados obtenidos de los inventarios y pronósticos, tomando en cuenta que los pedidos deben realizarse cuando el nivel mínimo sea el inventario de seguridad, se calendariza de la siguiente manera: en la columna de nivel se muestra la demanda acumulada (proveniente de los pronósticos), se realiza la revisión continua y cuando el nivel de inventario es el del inventarios de seguridad se genera en ese mes un pedido.

6.6.2 A continuación se muestra un ejemplo:

2018	DIFENILHIDANTOINA		FENOBARBITAL		CARBAMAZEPINA	
	Nivel	Pedido	Nivel	Pedido	Nivel	Pedido
<b>Número de piezas a ordenar</b>	400	0	300	0	400	0
<b>Inventario de seguridad</b>	30	0	30	0	30	0
<b>Enero</b>	116	400	92	300	145	400
<b>Febrero</b>	214	0	165	0	256	0
<b>Marzo</b>	344	0	244	0	366	0
<b>Abril</b>	457	400	325	300	491	400
<b>Mayo</b>	572	0	407	0	612	0
<b>Junio</b>	705	0	489	0	739	0
<b>Julio</b>	818	400	577	300	878	400
<b>Agosto</b>	927	0	663	0	1016	0
<b>Septiembre</b>	1064	0	750	0	1145	0
<b>Octubre</b>	1199	400	839	0	1288	400
<b>Noviembre</b>	1304	0	922	300	1422	0
<b>Diciembre</b>	1433	0	1010	0	1552	0
<b>TOTAL</b>		1600		1200		1600

## 6.7 BLOQUEO DE LA HOJA DE CÁLCULO

6.7.1 Desbloquear la hoja de cálculo de acuerdo al PRO-XX-XX. Procedimiento de validación de hojas de cálculo en la sección 6.1.

## 7. REGISTROS.

PRO-XX-XX-X Formato para el cálculo de pronósticos e inventarios.

## 8. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.

- NMX-EC-15189-IMNC-2008 Laboratorio clínico- Requisitos particulares para la calidad y la competencia.
- NMX-CC-9001-IMNC-2008 Sistemas de Gestión de la Calidad-Requisitos
- Adam, E. E., & Ebert, R. J. (1992). Administración de la producción y las operaciones. Conceptos, modelos y funcionamiento. Estado de México: Prentice Hall.
- Alvarez Cáceres, R. (1996). Estadística multivariante y no paramétrica con SPSS. Aplicación a las ciencias de la salud. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Bowerman, B. L., O'Connell, R. T., & Koehler, A. B. (2007). Pronósticos, series de tiempo y regresión. Un enfoque aplicado. México: Cengage Learning.

- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). Administración de operaciones. Producción y cadena de suministro. México: McGraw-Hill.
- Heizer, J., & Render, B. (2004). Principios de administración de operaciones. Estado de México: Pearson- Prentice Hall.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. L. (2010). Introducción a la Investigación de operaciones. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- Levin, R. I., & Rubin, D. S. (2004). Estadística para administración y economía. México: Pearson.
- Sipper, D., & Bulfin Jr., R. L. (1998). Planeación y control de la producción. México, Distrito Federal: Mc Graw Hill.

## **9. ANEXOS.**

N/A

## CONCLUSIONES

Como se ha observado a través de los últimos años en el laboratorio, la manera empírica de realizar los pedidos ha generado que algunos meses no tengan los insumos para realizar las pruebas solicitadas por los médicos, independientemente de los problemas presupuestales que puede presentar una administración hospitalaria. El análisis presentado en este trabajo ayuda al laboratorio a una planeación y control de los insumos más acertada. Con esta metodología basada en modelos matemáticos para la realización de los pedidos, disminuye en gran manera el riesgo de manejar un inventario incapaz de atender la demanda.

Para la selección de los modelos de pronósticos es importante considerar cuales se adaptan mejor a la demanda, teniendo en cuenta las características de éstos. En nuestro caso de aplicación, los modelos que mostraron ajustarse mejor a los datos obtenidos son, la regresión lineal para datos anuales en la mayoría de los análisis y suavizamiento exponencial para los casos de GH, insulina, PSA total y ANTI-TPO.

Como se ha mencionado con anterioridad, los pronósticos llevan implícitos cierto grado de error dependiendo de la serie de tiempo a analizar, a pesar de esto, son un apoyo importante para la toma de decisiones. El laboratorio cuenta con la capacidad de procesos adecuada para poder brindar los servicios que ofertan. Sin duda, un análisis adecuado de la demanda ayudaría a mejorar la logística interna (reducción de desperdicios) y al tener un mayor movimiento de insumos, también se reducen las caducidades.

Para la realización de este trabajo, se tomó en cuenta que el personal de laboratorio no posee conocimiento del tema. Por lo que se utilizaron modelos sencillos, de fácil modelación en programas como Microsoft Excel. Todos los cálculos fueron hechos en esta hoja de cálculo, tomando en cuenta que no existía la posibilidad de adquirir otro software. Únicamente se utilizó el software Minitab versión 16 como ejemplo para una validación de hoja de cálculo.

Debido a que el laboratorio cuenta con un certificado con la NMX-CC-9001 y una acreditación bajo la NMX-EC-15189, al realizar un análisis de estas normas, se encontró la necesidad de realizar un procedimiento de validación de hojas cálculo, adicional al procedimiento que se tenía contemplado de elaboración de una política de inventario.

El manejo y la disposición de la información es importante para poder tener resultados lo más cercano a la realidad, el laboratorio es capaz de generar la mayoría de la información que se requiere, pero el problema radica en que se necesita información de otra área, entonces estos procesos se vuelven demasiado burocráticos y tardados, por lo que considero que esto podría ser una oportunidad de mejora.

Adicionalmente, se recomienda al laboratorio que el sistema de recolección de información permita obtener el número de pruebas por cada analito para que se puedan realizar los cálculos, además de que éstos datos tengan la facilidad de exportarse a Excel, de este modo se puede facilitar el manejo de información necesaria para realizar los cálculos.

Ya que el personal este más familiarizado con los temas de pronósticos e inventarios, es importante mencionar, que en el futuro se podría realizar varias inversiones, como la de adquirir algún software especializado que permita la utilización de modelos más sofisticados; así mismo, se podría ajustar el software interno para generar la información de manera automatizada, de este modo se puede reducir y ajustar los modelos de manera más eficiente y disminuir la probabilidad de errores humanos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Comité Técnico ISO/TC 176. (2008). NMX-CC-9001-IMNC-2008. Sistemas de gestión de la calidad-Requisitos. México: Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C.

Comité Técnico ISO/TC 212. (2015). NMX-EC-15189-IMNC-2015. LABORATORIOS CLÍNICOS - REQUISITOS DE LA CALIDAD Y COMPETENCIA. México: Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C.

Abbott System. (Marzo de 2006). iTestosterone. iTestosterone. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.

Abbott System. (Julio de 2008). Carbamazepine. Carbamazepine. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.

Abbott System. (Octubre de 2008). i Phenobarbital. i Phenobarbital. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.

Abbott System. (Diciembre de 2008). i Phenytoin. i Phenytoin. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.

Abbott System. (Noviembre de 2009). Estradiol. Estradiol. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.

Abbott System. (Noviembre de 2009). FSH. FSH. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.

Abbott System. (Agosto de 2009). iValproic Acid. iValproic Acid. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.

Abbott System. (Junio de 2009). LH. LH. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.

- Adam, E. E., & Ebert, R. J. (1992). Administración de la producción y las operaciones. Conceptos, modelos y funcionamiento. Estado de México: Prentice Hall.
- Alvarez Cáceres, R. (1996). Estadística multivariante y no paramétrica con SPSS. Aplicación a las ciencias de la salud. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Ballou, R. H. (2004). Logística. Administración de la cadena de suministro. Estado de México: Prentice Hall.
- Beckman Coulter. (2010). Access Immunoassay Systems . Insert instructions. Estados Unidos: Beckman Coulter Inc.
- BIO-RAD Laboratories. (Agosto de 2010). Hemoglobin A1c Program. Instruction Manual. Estados Unidos: BIO-RAD Laboratories.
- Bowerman, B. L., O'Connell, R. T., & Koehler, A. B. (2007). Pronósticos, series de tiempo y regresión. Un enfoque aplicado. México: Cengage Learning.
- Buffa, E. S., & Taubert, W. H. (1975). Sistemas de Producción e inventario. Planeación y control. México: Limusa.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). Administración de operaciones. Producción y cadena de suministro. México: McGraw-Hill.
- Comité de Competitividad. (2010). Situación del sector farmacéutico en México. Centros de Estudios Sociales y de Opinión Pública, 288.
- Comité Técnico ISO/TC 176. (2015). NMX-CC-9001-IMNC-2015. Sistemas de gestión de la calidad-Requisitos . México: Instituto Mexicano de Normalización y Certificación.
- Consejería de Salud. (2004). Proceso de soporte para laboratorios clínicos. Sevilla, España: Escandón Impresores.
- Cortés, B., & Morales, V. (2012). Diseño de un sistema de control de inventarios repuestos en una empresa manufacturera de la ciudad de Cali. Santiago: Universidad del valle. Tesis para obtener el grado de ingeniería industrial.
- Croxton, F. E. (1949). Tables of areas in two tails and in one tail of the normal curve. Englewood: Prentice Hall.
- Frederick S. Hillier, e. a. (2010). Introducción a la Investigación de operaciones. México, Distrito Federal: Mc Graw Hill.
- Heizer, J., & Render, B. (2004). Principios de administración de operaciones. Estado de México: Pearson- Prentice Hall.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. L. (2010). Introducción a la Investigación de operaciones. Ciudad de México: Mc Graw Hill.

- Holguín, C. J. (2005). Fundamentos de Gestión de Inventarios. Colombia: Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería.
- Jiménez Sánchez, J. E. (2005). Estado del arte de los modelos matemáticos para la coordinación de inventarios en la cadena de suministro. Querétaro, México: Instituto Mexicano del Transporte.
- Jiménez Sánchez, J. E. (2015). Estado del arte de los modelos matemáticos para la coordinación de inventarios en la cadena de suministro. Querétaro, México: Instituto Mexicano del Transporte.
- KPMG MÉXICO. (2008). La industria farmacéutica en México. Programa de Industrias, KPMG., 41.
- KPMG MÉXICO. (2017). La industria farmacéutica mexicana. Actualidades. Programa de Industrias, KPMG., 20.
- Levin, R. I., & Rubin, D. S. (2004). Estadística para administración y economía. México: Pearson.
- Lindsey, M., & Pavur, R. (2009). Prediction intervals for future demand of existing. International Journal of.
- Morre, J. H., Weatherford, L. R., Eppen, G., Gould, F., & Schmidt, C. (2000). Investigación de operaciones en la ciencia administrativa. Estado de México: Pearson-Prentice Hall.
- Muller, M. (2005). Fundamentos de Administración de Inventarios. México: Grupo Editorial Norma.
- Negrón Muñoz, D. F. (2010). Administración de operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios. México, Distrito Federal: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Prada Quesada, F. J. (2010). Diseño, implementación, procedimientos operativos y gestión de un laboratorio de análisis clínicos con capacidad para procesar 1000 muestras por día. Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Tesis para obtener el grado de ingeniería industrial.
- Sipper, D., & Bulfin Jr., R. L. (1998). Planeación y control de la producción. México, Distrito Federal: Mc Graw Hill.
- System, A. (Agosto de 2009). iValproic Acid. iValproic Acid. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.
- Teunter, R., & Sani, B. (2009). On the bias of Croston's forecasting method. . European Journal of Operational Research, 177-183.

## **ANEXOS.**

### **ANEXO 1. PROCEDIMIENTO DE VALIDACIÓN DE HOJAS DE CÁLCULO.**

#### **TABLA DE CONTENIDO**

1. OBJETIVO
2. ALCANCE
3. TÉRMINOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS
4. POLÍTICAS
5. RESPONSABILIDADES.
6. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.
  - 6.1 PROTECCIÓN DE LAS HOJAS DE CÁLCULO.
  - 6.2 DESBLOQUEO DE DOCUMENTOS.
  - 6.3 VALIDACIÓN DE HOJAS DE CÁLCULO
7. REGISTROS
8. REFERENCIA Y BOBLOGRAFÍA.

#### **1. OBJETIVO.**

Establecer los lineamientos para la protección de los registros almacenado en hojas de cálculo y prevenir el acceso no autorizado y modificación de datos.  
Garantizar que los resultados obtenidos sean confiables.

#### **2. ALCANCE.**

Aplica a toda la información que se genera y documenta del Sistema de Gestión de Calidad del área de hormonas y niveles séricos del Laboratorio de Análisis clínico para la realización de este procedimiento.

#### **3. TÉRMINOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.**

**Calidad.** Cumplimiento de especificaciones establecidas para garantizar la aptitud de uso.  
**Criterios de aceptación.** Especificaciones, estándares o intervalos predefinidos que deben cumplirse bajo condiciones de prueba preestablecidas.

**Especificación.** Descripción de un material, sustancia o producto, que incluye los parámetros de calidad, límites de aceptación y la referencia de los métodos a utilizar para su determinación.

**Protocolo.** Plan de trabajo escrito que establece objetivos, procedimientos, métodos y criterios de aceptación para realizar un estudio.

**Registro electrónico.** Conjunto de información que incluye datos electrónicos ( texto, numérico o gráfico) que es creado, modificado, archivado, restaurado o transmitido a través de un sistema computarizado.

**Sistema computarizado/ computacional.** Cualquier equipo, proceso u operación que haya acoplada uno o más computadoras y un software asociado a un grupo de componentes de hardware diseñado y ensamblado para realizar un grupo específico de funciones.

**Sistema de Gestión de Calidad.** La manera como la organización dirige y controla las actividades asociadas con la calidad.

**Validación.** Confirmación mediante un suministro de evidencia objetiva cuya finalidad es demostrar la funcionalidad, consistencia y robustez de un proceso dado en cuanto a su capacidad para entregar un producto de calidad.

## 4. POLÍTICAS.

N/A

## 5. RESPONSABILIDADES.

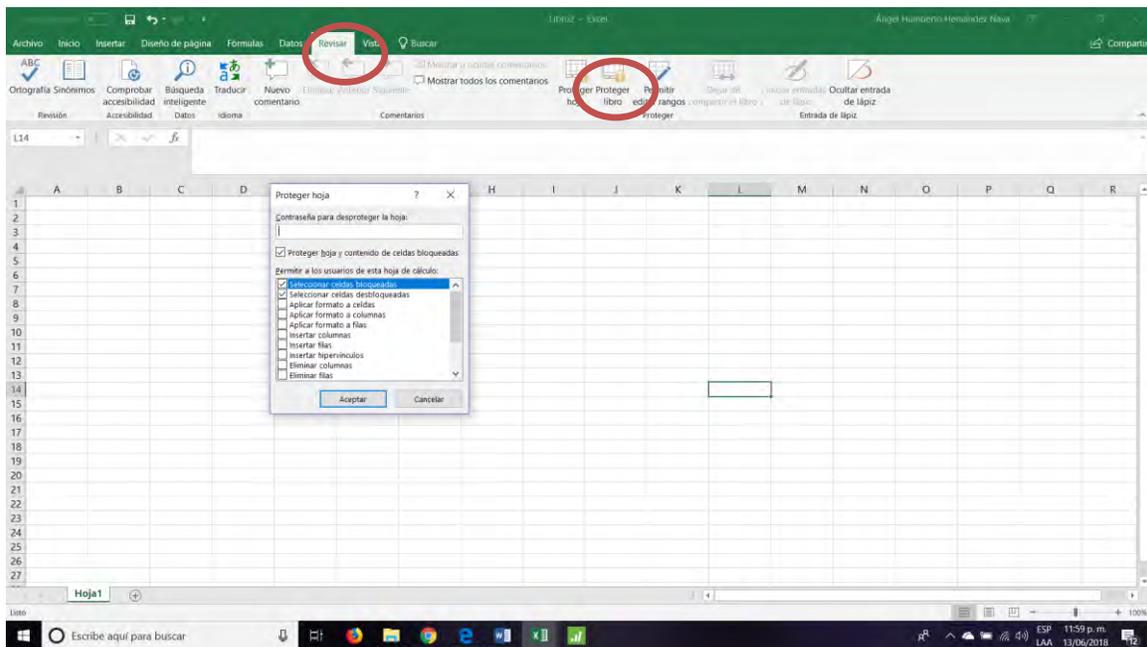
Es responsabilidad del Gerente de Calidad :

- Resguardar las contraseñas que se generen para las hojas de cálculo.
- Cuidar el acceso de los registros generados, y las hojas de cálculo .
- Verificar y actualizar la información obtenida en las hojas de cálculo.
- Validar que la información de las hojas de cálculo sea confiable.
- Validar mediante este procedimiento las hojas de cálculo cuando se requiera.

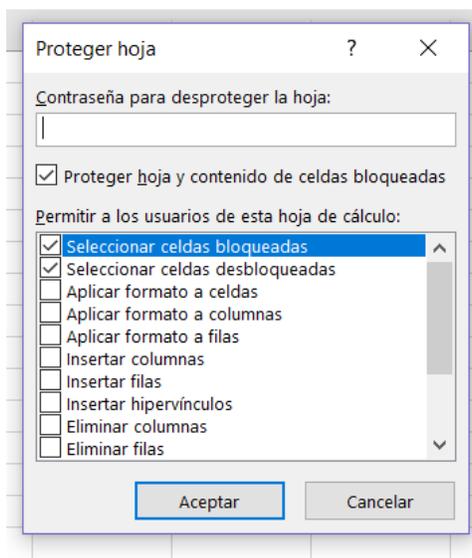
## 6. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.

### 6.1 Protección de las hojas de cálculo.

6.1.1 Abrir el documento de Excel, en el menú de herramientas, en la pestaña de revisar, seleccionar proteger hoja:

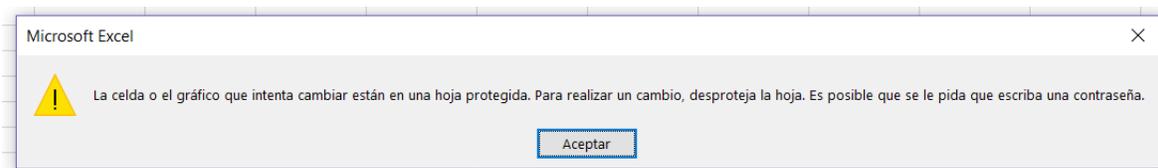


6.1.2 En el cuadro de diálogo, seleccionar las siguientes casillas:



6.1.2. Ingresar la contraseña elegida, seleccionar el botón de aceptar. Excel solicitará ingresar la contraseña dos veces.

6.1.3 Al intentar modificar la hoja de cálculo, se presentará el siguiente mensaje:

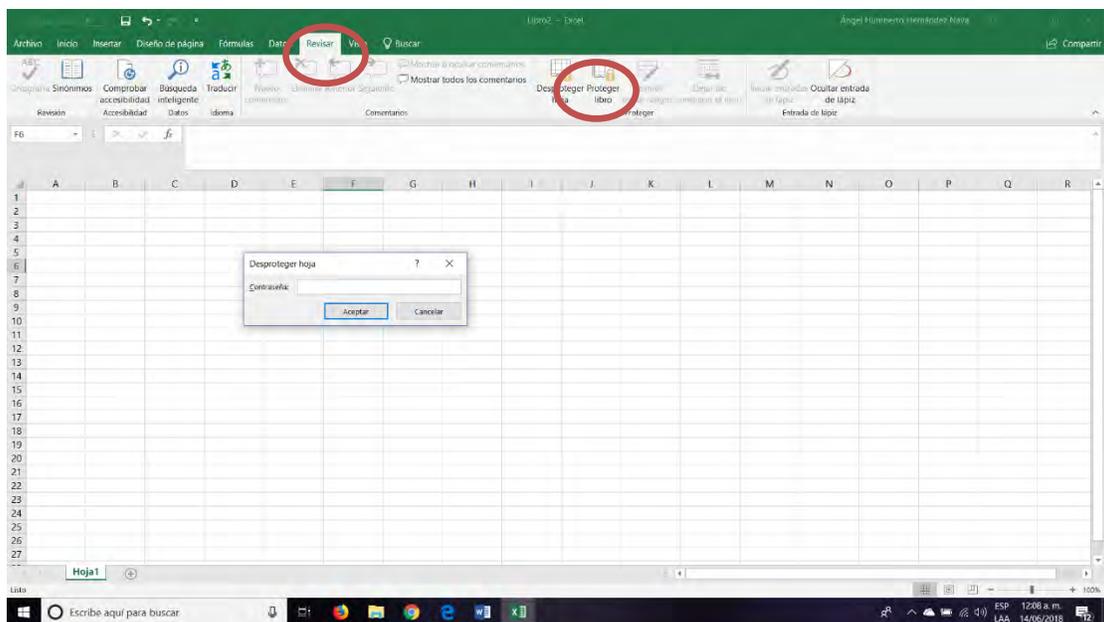


6.1.4. En caso de no aparecer, regresar al punto 6.1.1.

6.1.5 Sólo tendrá acceso el Gerente de Calidad y a quien éste asigne como encargado de mantener los datos actualizados.

## 6.2 Desbloqueo de documentos.

6.2.1 Para desbloquear un documento de Excel se accederá al menú de herramientas revisar, desproteger hoja.



6.2.2 Ingresar la contraseña, seleccionar el botón de aceptar.

6.2.3 La hoja de cálculo se puede modificar, al terminar de actualizar los datos se debe volver a proteger las hojas de cálculo como indica en la sección 6.1.

### 6.3 Validación de hojas de cálculo.

6.3.1 Para asegurar que las fórmulas de las hojas de cálculos estén correctas y que la información sea confiable, se deberán comprobar los resultados de la siguiente manera:

- Caso 1. Mediante software comercial.
- Caso 2. Mediante una publicación: artículo, libro o revista.
- Caso 3. Realizando los cálculos mediante una calculadora.

6.3.2. Se realizará mediante el formato PRO-XX-A, protocolo de validación de hojas de cálculo, el cual debe contener los siguientes

- Tabla de contenido. Es el reflejo de la estructura del documento, contiene los temas que lo conforman.
- Objetivo. Una breve descripción del propósito del documento.
- Términos, definiciones y abreviaturas. Aquellas que sean necesarias para facilitar el entendimiento del documento.
- Condiciones del estado validado. Criterios de aceptación bajo las cuales se realizará la validación.
- Validación. Realizar la comparación de los resultados de la hoja de cálculo mediante los casos expuestos en el punto 6.3.1
- Resultados. Describir si los criterios de aceptación se cumplieron.
- Documentación de referencia. Indicar aquellos documentos que fueron un apoyo para la realización del documento.

- Anexos. Aquellos documentos que se consideren necesario para completar la información.

6.3.3 Una hoja de cálculo debe validarse de acuerdo a los siguientes criterios:

- Cuando se genera por primera vez.
- Cuando se modifica una fórmula o un criterio.
- Cuando se añadan nuevos cálculos.

## **7. REGISTROS.**

Protocolo de validación de hojas de cálculo (PRO-XX-A).

## **8. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.**

- NMX-EC-15189-IMNC-2008 Laboratorio clínico- Requisitos particulares para la calidad y la competencia.
- NMX-CC-9001-IMNC-2008 Sistemas de Gestión de la Calidad-Requisitos
- NOM-059-SSA1-2015, Buenas prácticas de fabricación de medicamentos.
- PRO-02, Procedimiento para el control de documentos.

## ANEXO 2. EJEMPLO DE VALIDACIÓN DE HOJAS DE CÁLCULO.

### TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO.
2. TÉRMINOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.
4. CONDICIONES DEL ESTADO VALIDADO.
  - 4.1 Criterios de validación.
  - 4.2 Caso 1. Software Comercial.
  - 4.3 Caso 2. Mediante una publicación: artículo, libro o revista.
5. VALIDACIÓN.
  - 5.1 CASO 1. SOFTWARE COMERCIAL
    - 5.1.1 ÚLTIMO DATO.
    - 5.1.2 PROMEDIO MÓVIL, N=2
    - 5.1.3 PROMEDIO MÓVIL, N=3
    - 5.1.4 PROMEDIO MÓVIL, N=6
    - 5.1.5 SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE,  $\alpha= 0.3$
    - 5.1.6 SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE,  $\alpha= 0.5$
    - 5.1.7 SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE (SOLVER),.  $\alpha= 0.13$
    - 5.1.8 SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE,  $\alpha= 0.3$
    - 5.1.9 SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE,  $\alpha= 0.5$
    - 5.1.10 SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE (SOLVER),.  $\alpha= 0.13$
    - 5.1.11 SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE (SOLVER)
    - 5.1.12 SUAVIZADO EXPONENCIAL CON AJUSTE DE TENDENCIA
    - 5.1.13 REGRESIÓN LINEAL
  - 5.2 CASO 2. MEDIANTE LIBROS .
    - 5.2.1 DESCOMPOSICIÓN MULTIPLICATIVA
6. RESULTADOS.
7. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.
8. ANEXOS.

## 1. OBJETIVO.

Validar la hoja de cálculo que se utiliza hacer el análisis de la demanda, elaboración de los modelos de pronósticos y la comparación de errores.

## 2. TÉRMINOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.

**Calidad.** Cumplimiento de especificaciones establecidas para garantizar la aptitud de uso.

**Criterios de aceptación.** Especificaciones, estándares o intervalos predefinidos que deben cumplirse bajo condiciones de prueba preestablecidas.

**Especificación.** Descripción de un material, sustancia o producto, que incluye los parámetros de calidad, límites de aceptación y la referencia de los métodos a utilizar para su determinación.

**Protocolo.** Plan de trabajo escrito que establece objetivos, procedimientos, métodos y criterios de aceptación para realizar un estudio.

**Registro electrónico.** Conjunto de información que incluye datos electrónicos ( texto, numérico o gráfico) que es creado, modificado, archivado, restaurado o transmitido a través de un sistema computarizado.

**Sistema computarizado/ computacional.** Cualquier equipo, proceso u operación que ha sido acoplada uno o más computadoras y un software asociado a un grupo de componentes de hardware diseñado y ensamblado para realizar un grupo específico de funciones.

**Sistema de Gestión de Calidad.** La manera como la organización dirige y controla las actividades asociadas con la calidad.

**Validación.** Confirmación mediante un suministro de evidencia objetiva cuya finalidad es demostrar la funcionalidad, consistencia y robustez de un proceso dado en cuanto a su capacidad para entregar un producto de calidad.

## 4. CONDICIONES DEL ESTADO VALIDADO.

### 4.1 Criterios de validación.

En promedio, las diferencias entre la hoja de cálculos y los recursos utilizados para hacer la comparación no deben exceder el 5%. Para la realización de la validación, se ocuparán los datos del analito difenihidantoína.

### 4.2 Caso 1. Software Comercial.

Se utilizará el software estadístico MINITAB versión 17, el cual fue diseñado por instructores del programa de análisis estadísticos de las Universidad Estatal de Pensilvania en 1972 mediante una versión ligera de OMNITAB. A partir del 2006 se contó con una versión completa, misma que requiere licencia. MINITAB tiene soporte técnico integrado y cuenta con una página de internet (<http://www.minitab.com/es-mx/support/>).

### 4.3 Caso 2. Mediante una publicación: artículo, libro o revista.

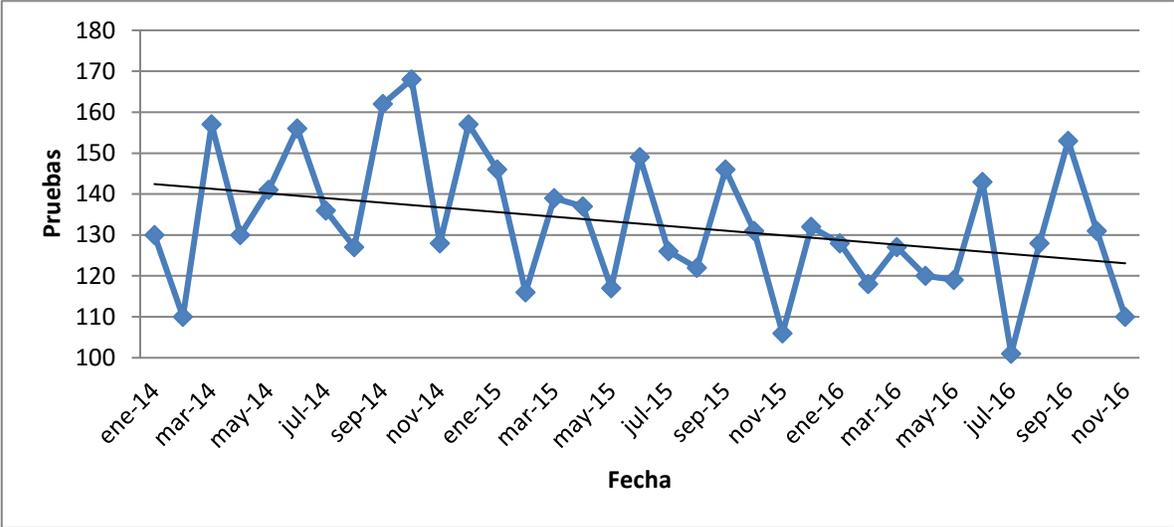
Se empleará el siguiente libro: Bowerman, B. L., O'Connell, R. T., & Koehler, A. B. (2007). Pronósticos, series de tiempo y regresión. Un enfoque aplicado. México: Cengage Learning. Pasa este caso, se utilizarán los datos como vienen mencionados en el libro, no corresponden a ningún dato proporcionado por el Laboratorio.

## 5. VALIDACIÓN.

### 5.1 CASO 1. SOFTWARE COMERCIAL

<b>DIFENILHIDANTOINA</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Pruebas</b>
ene-14	130
feb-14	110
mar-14	157
abr-14	130
may-14	141
jun-14	156
jul-14	136
ago-14	127
sep-14	162
oct-14	168
nov-14	128
dic-14	157
ene-15	146
feb-15	116
mar-15	139
abr-15	137
may-15	117
jun-15	149
jul-15	126
ago-15	122
sep-15	146
oct-15	131
nov-15	106
dic-15	132
ene-16	128
feb-16	118
mar-16	127
abr-16	120
may-16	119
jun-16	143
jul-16	101
ago-16	128
sep-16	153
oct-16	131
nov-16	110

<b>D.E.</b>	16.498
<b>M.E.</b>	132.771
<b>C.V.</b>	0.124



### 5.1.1 ÚLTIMO DATO.

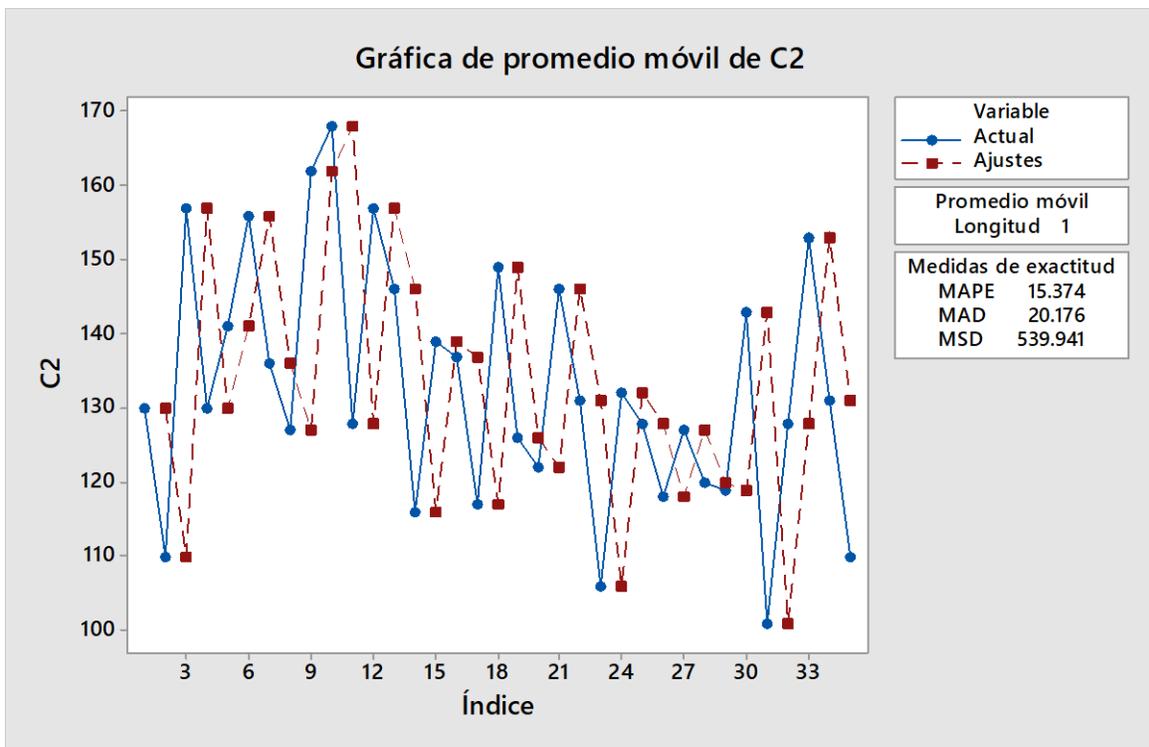
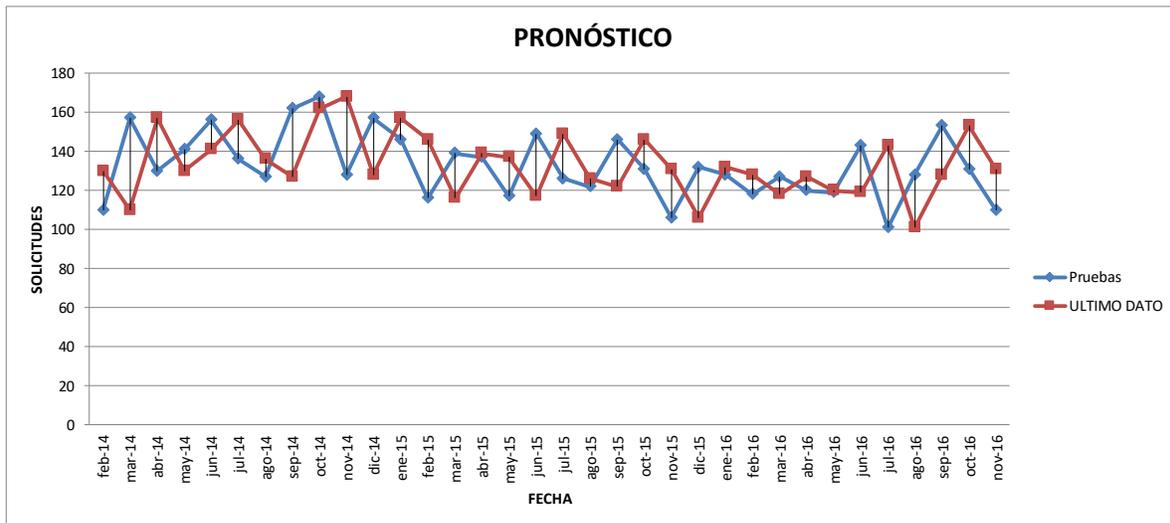
Excel:

ULTIMO DATO						
Fecha	Pruebas	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
ene-14	130	---	---	---	---	---
feb-14	110	130	-20	20	400	18.2
mar-14	157	110	47	47	2209	29.9
abr-14	130	157	-27	27	729	20.8
may-14	141	130	11	11	121	7.8
jun-14	156	141	15	15	225	9.6
jul-14	136	156	-20	20	400	14.7
ago-14	127	136	-9	9	81	7.1
sep-14	162	127	35	35	1225	21.6
oct-14	168	162	6	6	36	3.6
nov-14	128	168	-40	40	1600	31.3
dic-14	157	128	29	29	841	18.5
ene-15	146	157	-11	11	121	7.5
feb-15	116	146	-30	30	900	25.9
mar-15	139	116	23	23	529	16.5
abr-15	137	139	-2	2	4	1.5
may-15	117	137	-20	20	400	17.1
jun-15	149	117	32	32	1024	21.5
jul-15	126	149	-23	23	529	18.3
ago-15	122	126	-4	4	16	3.3
sep-15	146	122	24	24	576	16.4
oct-15	131	146	-15	15	225	11.5
nov-15	106	131	-25	25	625	23.6
dic-15	132	106	26	26	676	19.7
ene-16	128	132	-4	4	16	3.1
feb-16	118	128	-10	10	100	8.5
mar-16	127	118	9	9	81	7.1
abr-16	120	127	-7	7	49	5.8
may-16	119	120	-1	1	1	0.8
jun-16	143	119	24	24	576	16.8
jul-16	101	143	-42	42	1764	41.6
ago-16	128	101	27	27	729	21.1
sep-16	153	128	25	25	625	16.3
oct-16	131	153	-22	22	484	16.8
nov-16	110	131	-21	21	441	19.1
<b>Promedio</b>			-0.588	20.176	539.941	15.374

**Minitab:**

Promedio móvil de C2					
Datos	C2				
Longitud		35			
Número de valores faltantes					0
Promedio móvil					
Longitud		1			
Medidas de exactitud					
MAPE		15.374			
MAD		20.176			
MSD		539.941			
Tiempo	C2	MA	Predecir		
	1	130	130 *		
	2	110	110	130	-20
	3	157	157	110	47
	4	130	130	157	-27
	5	141	141	130	11
	6	156	156	141	15
	7	136	136	156	-20
	8	127	127	136	-9
	9	162	162	127	35
	10	168	168	162	6
	11	128	128	168	-40
	12	157	157	128	29
	13	146	146	157	-11
	14	116	116	146	-30
	15	139	139	116	23
	16	137	137	139	-2
	17	117	117	137	-20
	18	149	149	117	32
	19	126	126	149	-23
	20	122	122	126	-4
	21	146	146	122	24
	22	131	131	146	-15
	23	106	106	131	-25
	24	132	132	106	26
	25	128	128	132	-4
	26	118	118	128	-10
	27	127	127	118	9
	28	120	120	127	-7
	29	119	119	120	-1
	30	143	143	119	24
	31	101	101	143	-42
	32	128	128	101	27
	33	153	153	128	25
	34	131	131	153	-22
	35	110	110	131	-21

**Gráficas:**



**Comparación:**

<b>Excel</b>	<b>Minitab</b>	<b>Diferencia (%)</b>
---	*	---
130	130	0
110	110	0
157	157	0
130	130	0
141	141	0
156	156	0
136	136	0
127	127	0
162	162	0
168	168	0
128	128	0
157	157	0
146	146	0
116	116	0
139	139	0
137	137	0
117	117	0
149	149	0
126	126	0
122	122	0
146	146	0
131	131	0
106	106	0
132	132	0
128	128	0
118	118	0
127	127	0
120	120	0
119	119	0
143	143	0
101	101	0
128	128	0
153	153	0
131	131	0
	<b>Promedio</b>	0

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

## 5.1.2 PROMEDIO MÓVIL, N=2

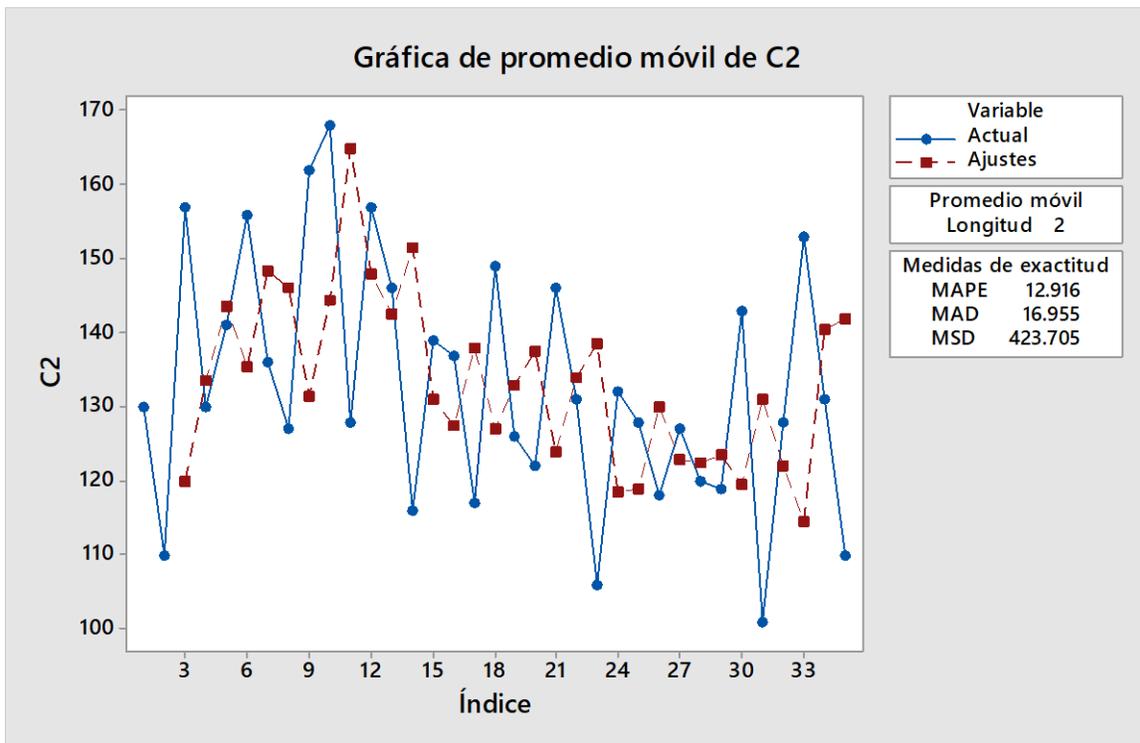
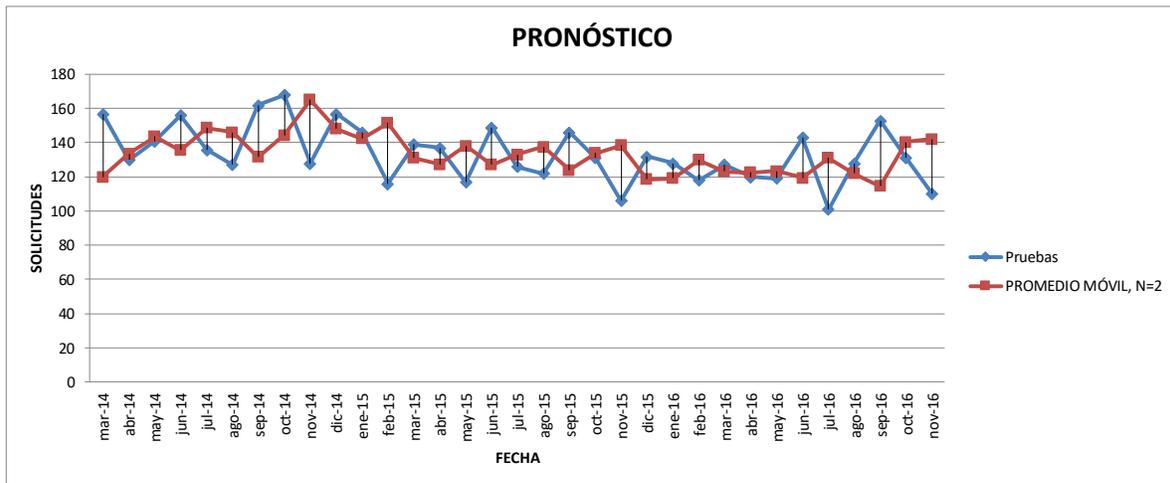
Excel:

PROMEDIO MÓVIL, N=2						
Fecha	Pruebas	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
ene-14	130	---	---	---	---	---
feb-14	110	---	---	---	---	---
mar-14	157	120.000	37.000	37.000	1369.000	23.567
abr-14	130	133.500	-3.500	3.500	12.250	2.692
may-14	141	143.500	-2.500	2.500	6.250	1.773
jun-14	156	135.500	20.500	20.500	420.250	13.141
jul-14	136	148.500	-12.500	12.500	156.250	9.191
ago-14	127	146.000	-19.000	19.000	361.000	14.961
sep-14	162	131.500	30.500	30.500	930.250	18.827
oct-14	168	144.500	23.500	23.500	552.250	13.988
nov-14	128	165.000	-37.000	37.000	1369.000	28.906
dic-14	157	148.000	9.000	9.000	81.000	5.732
ene-15	146	142.500	3.500	3.500	12.250	2.397
feb-15	116	151.500	-35.500	35.500	1260.250	30.603
mar-15	139	131.000	8.000	8.000	64.000	5.755
abr-15	137	127.500	9.500	9.500	90.250	6.934
may-15	117	138.000	-21.000	21.000	441.000	17.949
jun-15	149	127.000	22.000	22.000	484.000	14.765
jul-15	126	133.000	-7.000	7.000	49.000	5.556
ago-15	122	137.500	-15.500	15.500	240.250	12.705
sep-15	146	124.000	22.000	22.000	484.000	15.068
oct-15	131	134.000	-3.000	3.000	9.000	2.290
nov-15	106	138.500	-32.500	32.500	1056.250	30.660
dic-15	132	118.500	13.500	13.500	182.250	10.227
ene-16	128	119.000	9.000	9.000	81.000	7.031
feb-16	118	130.000	-12.000	12.000	144.000	10.169
mar-16	127	123.000	4.000	4.000	16.000	3.150
abr-16	120	122.500	-2.500	2.500	6.250	2.083
may-16	119	123.500	-4.500	4.500	20.250	3.782
jun-16	143	119.500	23.500	23.500	552.250	16.434
jul-16	101	131.000	-30.000	30.000	900.000	29.703
ago-16	128	122.000	6.000	6.000	36.000	4.688
sep-16	153	114.500	38.500	38.500	1482.250	25.163
oct-16	131	140.500	-9.500	9.500	90.250	7.252
nov-16	110	142.000	-32.000	32.000	1024.000	29.091
		<b>Promedio</b>	0.015	16.955	423.705	12.916

**Minitab:**

Promedio móvil de C2				
Datos	C2			
Longitud		35		
Número de valores faltantes				0
Promedio móvil				
Longitud		2		
Medidas de exactitud				
MAPE		12.916		
MAD		16.955		
MSD		423.705		
Tiempo	C2	MA	Predecir	
	1	130 *	*	
	2	110	120 *	
	3	157	133.5	120 37
	4	130	143.5	133.5 -3.5
	5	141	135.5	143.5 -2.5
	6	156	148.5	135.5 20.5
	7	136	146	148.5 -12.5
	8	127	131.5	146 -19
	9	162	144.5	131.5 30.5
	10	168	165	144.5 23.5
	11	128	148	165 -37
	12	157	142.5	148 9
	13	146	151.5	142.5 3.5
	14	116	131	151.5 -35.5
	15	139	127.5	131 8
	16	137	138	127.5 9.5
	17	117	127	138 -21
	18	149	133	127 22
	19	126	137.5	133 -7
	20	122	124	137.5 -15.5
	21	146	134	124 22
	22	131	138.5	134 -3
	23	106	118.5	138.5 -32.5
	24	132	119	118.5 13.5
	25	128	130	119 9
	26	118	123	130 -12
	27	127	122.5	123 4
	28	120	123.5	122.5 -2.5
	29	119	119.5	123.5 -4.5
	30	143	131	119.5 23.5
	31	101	122	131 -30
	32	128	114.5	122 6
	33	153	140.5	114.5 38.5
	34	131	142	140.5 -9.5
	35	110	120.5	142 -32

**Gráficas:**



**Comparación.**

<b>Excel</b>	<b>Minitab</b>	<b>Diferencia (%)</b>
---	*	---
---	*	---
120	120	0
133.5	133.5	0
143.5	143.5	0
135.5	135.5	0
148.5	148.5	0
146	146	0
131.5	131.5	0
144.5	144.5	0
165	165	0
148	148	0
142.5	142.5	0
151.5	151.5	0
131	131	0
127.5	127.5	0
138	138	0
127	127	0
133	133	0
137.5	137.5	0
124	124	0
134	134	0
138.5	138.5	0
118.5	118.5	0
119	119	0
130	130	0
123	123	0
122.5	122.5	0
123.5	123.5	0
119.5	119.5	0
131	131	0
122	122	0
114.5	114.5	0
140.5	140.5	0
142	142	0
	<b>Promedio</b>	0

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.3 PROMEDIO MÓVIL, N=3

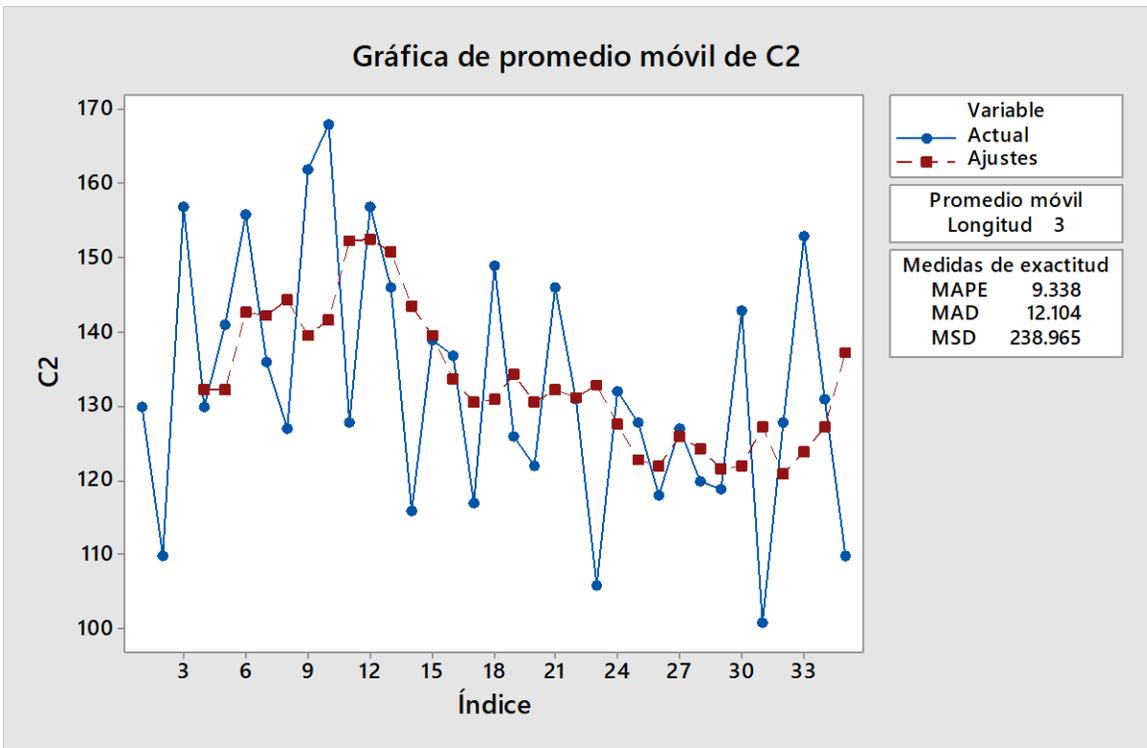
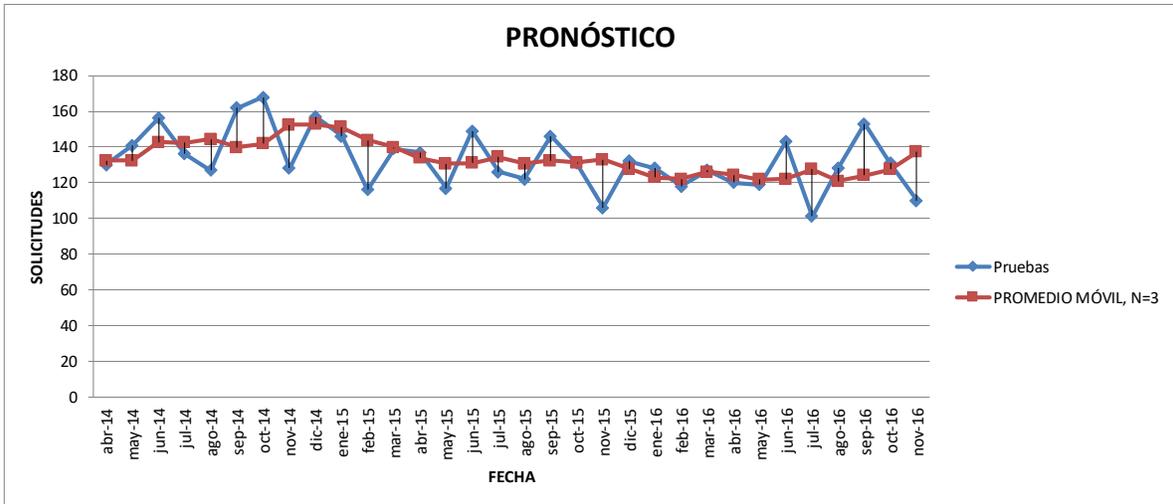
Excel:

PROMEDIO MÓVIL, N=3						
Fecha	Pruebas	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
ene-14	130	---	---	---	---	---
feb-14	110	---	---	---	---	---
mar-14	157	---	---	---	---	---
abr-14	130	132.333	-2.333	2.333	5.444	1.795
may-14	141	132.333	8.667	8.667	75.111	6.147
jun-14	156	142.667	13.333	13.333	177.778	8.547
jul-14	136	142.333	-6.333	6.333	40.111	4.657
ago-14	127	144.333	-17.333	17.333	300.444	13.648
sep-14	162	139.667	22.333	22.333	498.778	13.786
oct-14	168	141.667	26.333	26.333	693.444	15.675
nov-14	128	152.333	-24.333	24.333	592.111	19.010
dic-14	157	152.667	4.333	4.333	18.778	2.760
ene-15	146	151.000	-5.000	5.000	25.000	3.425
feb-15	116	143.667	-27.667	27.667	765.444	23.851
mar-15	139	139.667	-0.667	0.667	0.444	0.480
abr-15	137	133.667	3.333	3.333	11.111	2.433
may-15	117	130.667	-13.667	13.667	186.778	11.681
jun-15	149	131.000	18.000	18.000	324.000	12.081
jul-15	126	134.333	-8.333	8.333	69.444	6.614
ago-15	122	130.667	-8.667	8.667	75.111	7.104
sep-15	146	132.333	13.667	13.667	186.778	9.361
oct-15	131	131.333	-0.333	0.333	0.111	0.254
nov-15	106	133.000	-27.000	27.000	729.000	25.472
dic-15	132	127.667	4.333	4.333	18.778	3.283
ene-16	128	123.000	5.000	5.000	25.000	3.906
feb-16	118	122.000	-4.000	4.000	16.000	3.390
mar-16	127	126.000	1.000	1.000	1.000	0.787
abr-16	120	124.333	-4.333	4.333	18.778	3.611
may-16	119	121.667	-2.667	2.667	7.111	2.241
jun-16	143	122.000	21.000	21.000	441.000	14.685
jul-16	101	127.333	-26.333	26.333	693.444	26.073
ago-16	128	121.000	7.000	7.000	49.000	5.469
sep-16	153	124.000	29.000	29.000	841.000	18.954
oct-16	131	127.333	3.667	3.667	13.444	2.799
nov-16	110	137.333	-27.333	27.333	747.111	24.848
		<b>Promedio</b>	-0.792	12.104	238.965	9.338

**Minitab:**

Promedio móvil de C2					
Datos	C2				
Longitud	35				
Número de valores faltantes					0
Promedio móvil					
Longitud	3				
Medidas de exactitud					
MAPE	9.338				
MAD	12.104				
MSD	238.965				
Tiempo	C2	MA	Predecir		
1	130 *		*		
2	110 *		*		
3	157	132.333 *			
4	130	132.333	132.333		-2.3333
5	141	142.667	132.333		8.6667
6	156	142.333	142.667		13.3333
7	136	144.333	142.333		-6.3333
8	127	139.667	144.333		-17.3333
9	162	141.667	139.667		22.3333
10	168	152.333	141.667		26.3333
11	128	152.667	152.333		-24.3333
12	157	151	152.667		4.3333
13	146	143.667	151		-5
14	116	139.667	143.667		-27.6667
15	139	133.667	139.667		-0.6667
16	137	130.667	133.667		3.3333
17	117	131	130.667		-13.6667
18	149	134.333	131		18
19	126	130.667	134.333		-8.3333
20	122	132.333	130.667		-8.6667
21	146	131.333	132.333		13.6667
22	131	133	131.333		-0.3333
23	106	127.667	133		-27
24	132	123	127.667		4.3333
25	128	122	123		5
26	118	126	122		-4
27	127	124.333	126		1
28	120	121.667	124.333		-4.3333
29	119	122	121.667		-2.6667
30	143	127.333	122		21
31	101	121	127.333		-26.3333
32	128	124	121		7
33	153	127.333	124		29
34	131	137.333	127.333		3.6667
35	110	131.333	137.333		-27.3333

**Gráficas:**



**Comparación:**

Excel	Minitab	Diferencia (%)
---	*	---
---	*	---
---	*	---
132.333	132.333	0.000
132.333	132.333	0.000
142.667	142.667	0.000
142.333	142.333	0.000
144.333	144.333	0.000
139.667	139.667	0.000
141.667	141.667	0.000
152.333	152.333	0.000
152.667	152.667	0.000
151.000	151.000	0.000
143.667	143.667	0.000
139.667	139.667	0.000
133.667	133.667	0.000
130.667	130.667	0.000
131.000	131.000	0.000
134.333	134.333	0.000
130.667	130.667	0.000
132.333	132.333	0.000
131.333	131.333	0.000
133.000	133.000	0.000
127.667	127.667	0.000
123.000	123.000	0.000
122.000	122.000	0.000
126.000	126.000	0.000
124.333	124.333	0.000
121.667	121.667	0.000
122.000	122.000	0.000
127.333	127.333	0.000
121.000	121.000	0.000
124.000	124.000	0.000
127.333	127.333	0.000
137.333	137.333	0.000
	<b>Promedio</b>	-1.04E-05

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.4 PROMEDIO MÓVIL, N=6

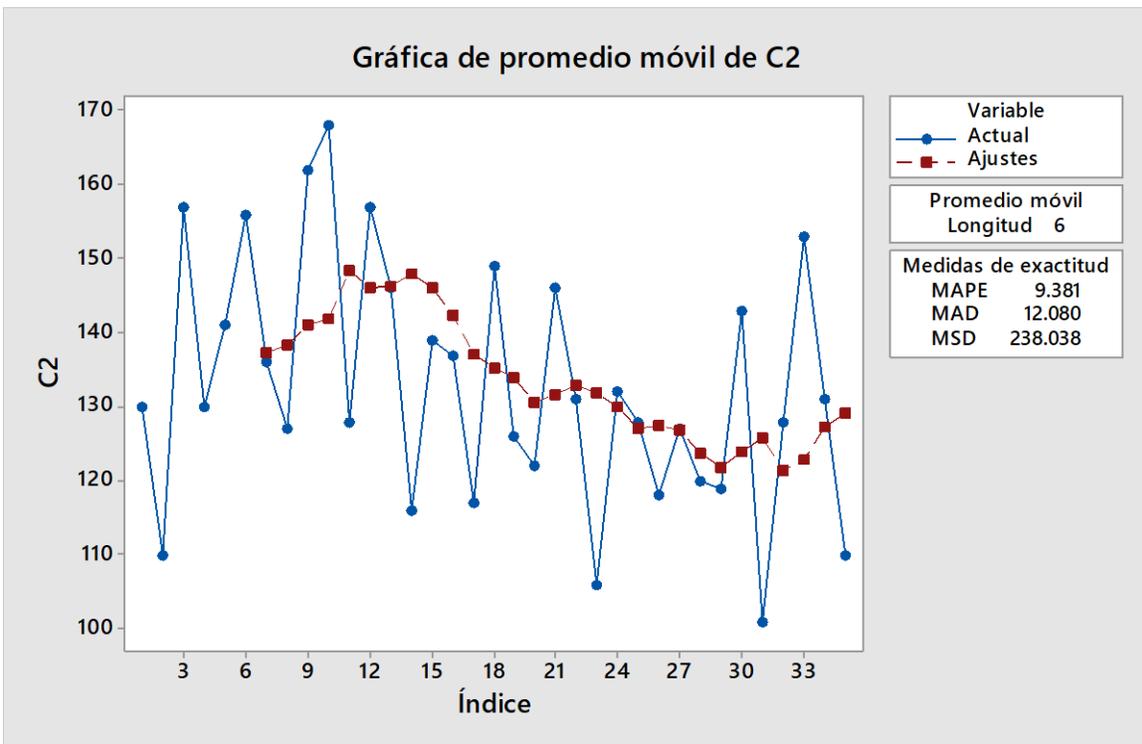
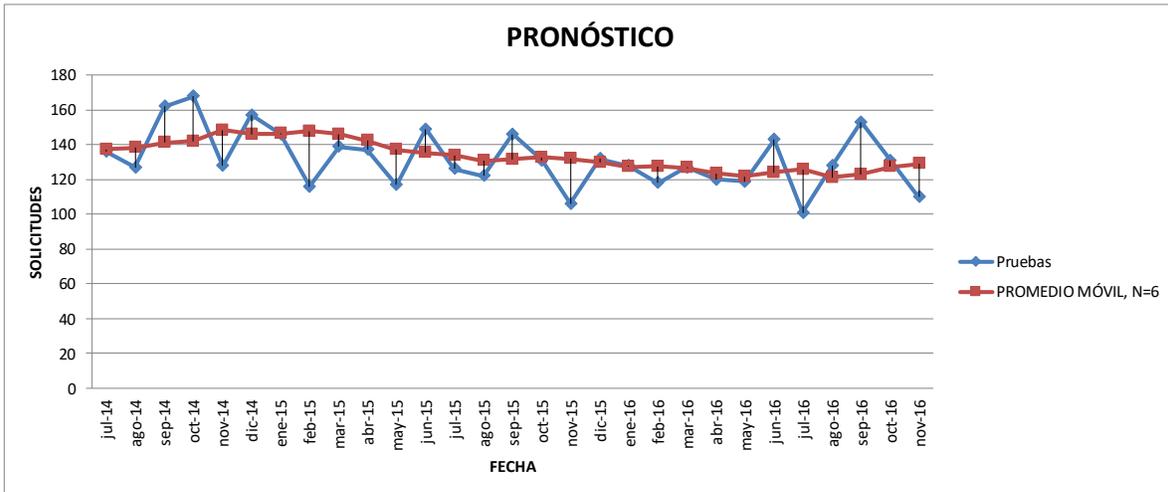
Excel:

PROMEDIO MÓVIL, N=6						
Fecha	Pruebas	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
ene-14	130	---	---	---	---	---
feb-14	110	---	---	---	---	---
mar-14	157	---	---	---	---	---
abr-14	130	---	---	---	---	---
may-14	141	---	---	---	---	---
jun-14	156	---	---	---	---	---
jul-14	136	137.333	-1.333	1.333	1.778	0.980
ago-14	127	138.333	-11.333	11.333	128.444	8.924
sep-14	162	141.167	20.833	20.833	434.028	12.860
oct-14	168	142.000	26.000	26.000	676.000	15.476
nov-14	128	148.333	-20.333	20.333	413.444	15.885
dic-14	157	146.167	10.833	10.833	117.361	6.900
ene-15	146	146.333	-0.333	0.333	0.111	0.228
feb-15	116	148.000	-32.000	32.000	1024.000	27.586
mar-15	139	146.167	-7.167	7.167	51.361	5.156
abr-15	137	142.333	-5.333	5.333	28.444	3.893
may-15	117	137.167	-20.167	20.167	406.694	17.236
jun-15	149	135.333	13.667	13.667	186.778	9.172
jul-15	126	134.000	-8.000	8.000	64.000	6.349
ago-15	122	130.667	-8.667	8.667	75.111	7.104
sep-15	146	131.667	14.333	14.333	205.444	9.817
oct-15	131	132.833	-1.833	1.833	3.361	1.399
nov-15	106	131.833	-25.833	25.833	667.361	24.371
dic-15	132	130.000	2.000	2.000	4.000	1.515
ene-16	128	127.167	0.833	0.833	0.694	0.651
feb-16	118	127.500	-9.500	9.500	90.250	8.051
mar-16	127	126.833	0.167	0.167	0.028	0.131
abr-16	120	123.667	-3.667	3.667	13.444	3.056
may-16	119	121.833	-2.833	2.833	8.028	2.381
jun-16	143	124.000	19.000	19.000	361.000	13.287
jul-16	101	125.833	-24.833	24.833	616.694	24.587
ago-16	128	121.333	6.667	6.667	44.444	5.208
sep-16	153	123.000	30.000	30.000	900.000	19.608
oct-16	131	127.333	3.667	3.667	13.444	2.799
nov-16	110	129.167	-19.167	19.167	367.361	17.424
		<b>Promedio</b>	-1.874	12.080	238.038	9.381

**Minitab:**

Promedio	móvil	de	C2	
Datos	C2			
Longitud		35		
Número	de	valores	faltantes	0
Promedio móvil				
Longitud		6		
Medidas de exactitud				
MAPE		9.381		
MAD		12.08		
MSD		238.038		
Tiempo	C2	MA	Predecir	
1		130 *	*	
2		110 *	*	
3		157 *	*	
4		130 *	*	
5		141 *	*	
6		156	137.333 *	
7		136	138.333	137.333
8		127	141.167	138.333
9		162	142	141.167
10		168	148.333	142
11		128	146.167	148.333
12		157	146.333	146.167
13		146	148	146.333
14		116	146.167	148
15		139	142.333	146.167
16		137	137.167	142.333
17		117	135.333	137.167
18		149	134	135.333
19		126	130.667	134
20		122	131.667	130.667
21		146	132.833	131.667
22		131	131.833	132.833
23		106	130	131.833
24		132	127.167	130
25		128	127.5	127.167
26		118	126.833	127.5
27		127	123.667	126.833
28		120	121.833	123.667
29		119	124	121.833
30		143	125.833	124
31		101	121.333	125.833
32		128	123	121.333
33		153	127.333	123
34		131	129.167	127.333
35		110	127.667	129.167

**Gráficas:**



**Comparación:**

Excel	Minitab	Diferencia (%)
---	*	---
---	*	---
---	*	---
---	*	---
---	*	---
---	*	---
137.333	137.333	0.000
138.333	138.333	0.000
141.167	141.167	0.000
142.000	142.000	0.000
148.333	148.333	0.000
146.167	146.167	0.000
146.333	146.333	0.000
148.000	148.000	0.000
146.167	146.167	0.000
142.333	142.333	0.000
137.167	137.167	0.000
135.333	135.333	0.000
134.000	134.000	0.000
130.667	130.667	0.000
131.667	131.667	0.000
132.833	132.833	0.000
131.833	131.833	0.000
130.000	130.000	0.000
127.167	127.167	0.000
127.500	127.500	0.000
126.833	126.833	0.000
123.667	123.667	0.000
121.833	121.833	0.000
124.000	124.000	0.000
125.833	125.833	0.000
121.333	121.333	0.000
123.000	123.000	0.000
127.333	127.333	0.000
129.167	129.167	0.000
	<b>Promedio</b>	-4.60E-05

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.5 SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE, $\alpha=0.3$

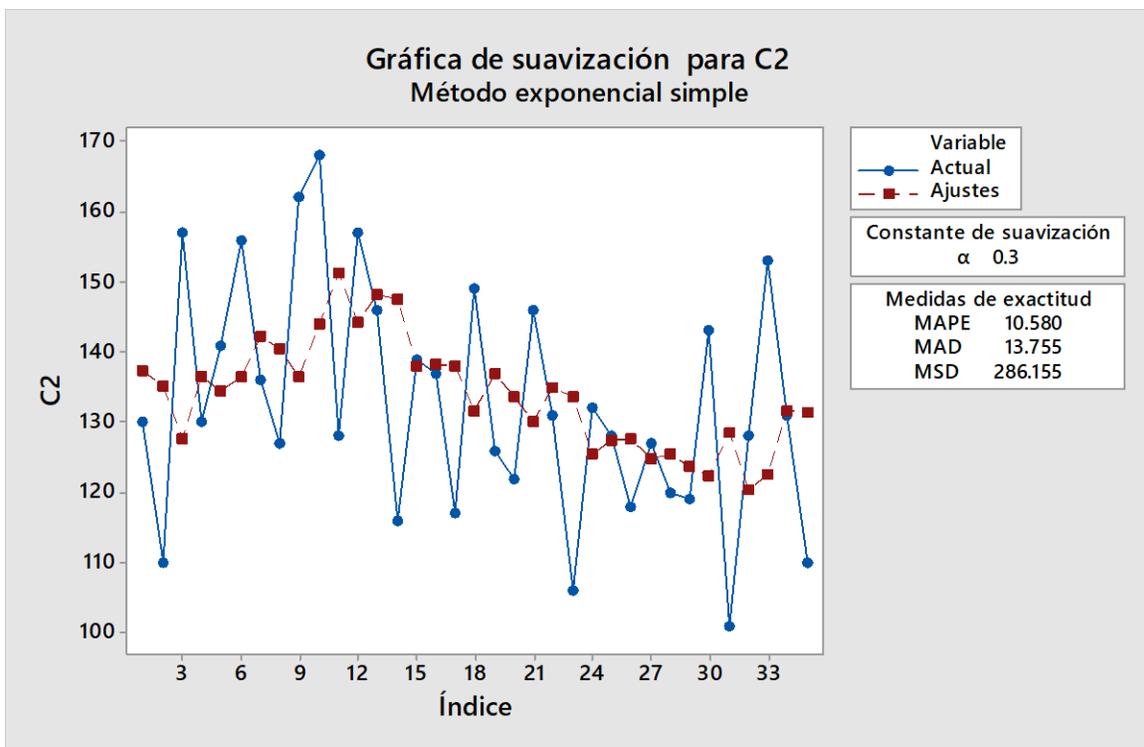
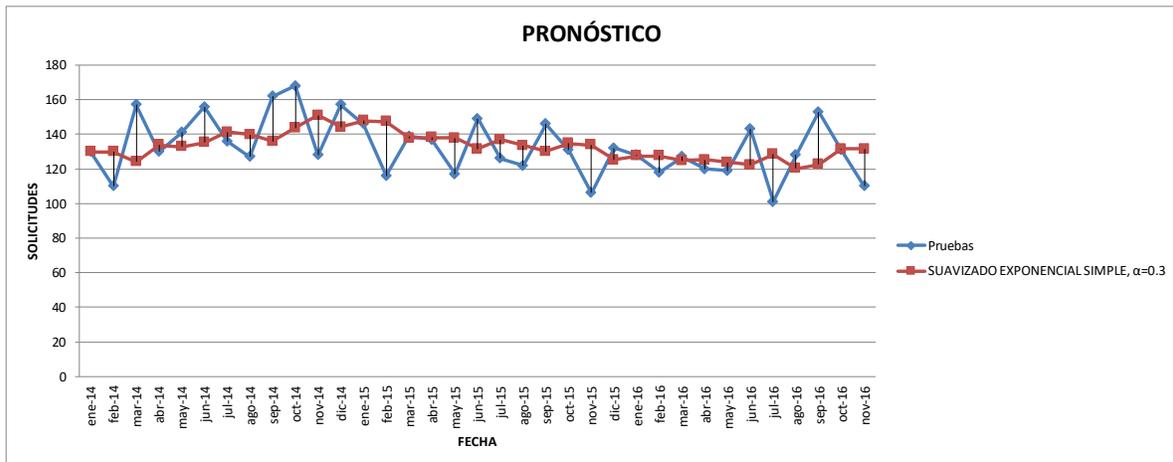
Excel:

$\alpha=$	0.3	SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE, $\alpha=0.3$				
Fecha	Pruebas	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
ene-14	130	130.00	0	0.00	0.00	0.0
feb-14	110	130.00	-20	20.00	400.00	18.2
mar-14	157	124.00	33	33.00	1089.00	21.0
abr-14	130	133.90	-4	3.90	15.21	3.0
may-14	141	132.73	8	8.27	68.39	5.9
jun-14	156	135.21	21	20.79	432.18	13.3
jul-14	136	141.45	-5	5.45	29.68	4.0
ago-14	127	139.81	-13	12.81	164.18	10.1
sep-14	162	135.97	26	26.03	677.59	16.1
oct-14	168	143.78	24	24.22	586.68	14.4
nov-14	128	151.04	-23	23.04	531.07	18.0
dic-14	157	144.13	13	12.87	165.60	8.2
ene-15	146	147.99	-2	1.99	3.97	1.4
feb-15	116	147.39	-31	31.39	985.61	27.1
mar-15	139	137.98	1	1.02	1.05	0.7
abr-15	137	138.28	-1	1.28	1.65	0.9
may-15	117	137.90	-21	20.90	436.74	17.9
jun-15	149	131.63	17	17.37	301.76	11.7
jul-15	126	136.84	-11	10.84	117.51	8.6
ago-15	122	133.59	-12	11.59	134.28	9.5
sep-15	146	130.11	16	15.89	252.44	10.9
oct-15	131	134.88	-4	3.88	15.04	3.0
nov-15	106	133.71	-28	27.71	768.11	26.1
dic-15	132	125.40	7	6.60	43.56	5.0
ene-16	128	127.38	1	0.62	0.38	0.5
feb-16	118	127.57	-10	9.57	91.51	8.1
mar-16	127	124.70	2	2.30	5.31	1.8
abr-16	120	125.39	-5	5.39	29.02	4.5
may-16	119	123.77	-5	4.77	22.76	4.0
jun-16	143	122.34	21	20.66	426.84	14.4
jul-16	101	128.54	-28	27.54	758.33	27.3
ago-16	128	120.28	8	7.72	59.65	6.0
sep-16	153	122.59	30	30.41	924.55	19.9
oct-16	131	131.72	-1	0.72	0.51	0.5
nov-16	110	131.50	-22	21.50	462.29	19.5
		Promedio	-0.471372194	13.487	285.784	10.328

**Minitab:**

Suavización	exponencial simple	para	C2
Datos	C2		
Longitud	35		
Constante de suavización			
$\alpha$	0.3		
Medidas de exactitud			
MAPE	10.580		
MAD	13.755		
MSD	286.155		
Tiempo	C2	Suavizar	Predecir Error
1	130	135.133	137.333 -7.3333
2	110	127.593	135.133 -25.1333
3	157	136.415	127.593 29.4067
4	130	134.491	136.415 -6.4153
5	141	136.444	134.491 6.5093
6	156	142.31	136.444 19.5565
7	136	140.417	142.31 -6.3105
8	127	136.392	140.417 -13.4173
9	162	144.074	136.392 25.6079
10	168	151.252	144.074 23.9255
11	128	144.276	151.252 -23.2521
12	157	148.094	144.276 12.7235
13	146	147.465	148.094 -2.0935
14	116	138.026	147.465 -31.4655
15	139	138.318	138.026 0.9742
16	137	137.923	138.318 -1.3181
17	117	131.646	137.923 -20.9227
18	149	136.852	131.646 17.3541
19	126	133.596	136.852 -10.8521
20	122	130.118	133.596 -11.5965
21	146	134.882	130.118 15.8825
22	131	133.718	134.882 -3.8823
23	106	125.402	133.718 -27.7176
24	132	127.382	125.402 6.5977
25	128	127.567	127.382 0.6184
26	118	124.697	127.567 -9.5671
27	127	125.388	124.697 2.303
28	120	123.772	125.388 -5.3879
29	119	122.34	123.772 -4.7715
30	143	128.538	122.34 20.6599
31	101	120.277	128.538 -27.538
32	128	122.594	120.277 7.7234
33	153	131.716	122.594 30.4064
34	131	131.501	131.716 -0.7156
35	110	125.051	131.501 -21.5009

## Gráficas:



**Comparación:**

<b>Excel</b>	<b>Minitab</b>	<b>Diferencia (%)</b>
130	137.333	10.071
130	135.133	6.936
124	127.593	4.584
133.900	136.415	3.431
132.730	134.491	2.368
135.211	136.444	1.682
141.448	142.310	1.227
139.813	140.417	0.848
135.969	136.392	0.576
143.779	144.074	0.426
151.045	151.252	0.313
144.131	144.276	0.208
147.992	148.094	0.151
147.394	147.465	0.104
137.976	138.026	0.069
138.283	138.318	0.048
137.898	137.923	0.034
131.629	131.646	0.023
136.840	136.852	0.016
133.588	133.596	0.011
130.112	130.118	0.008
134.878	134.882	0.005
133.715	133.718	0.004
125.400	125.402	0.002
127.380	127.382	0.002
127.566	127.567	0.001
124.696	124.697	0.001
125.387	125.388	0.001
123.771	123.772	0.001
122.340	122.340	0.000
128.538	128.538	0.000
120.277	120.277	0.001
122.594	122.594	0.001
131.715	131.716	0.001
131.501	131.501	0.000
	Promedio	6.79E-01

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.6 SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE, $\alpha=0.5$

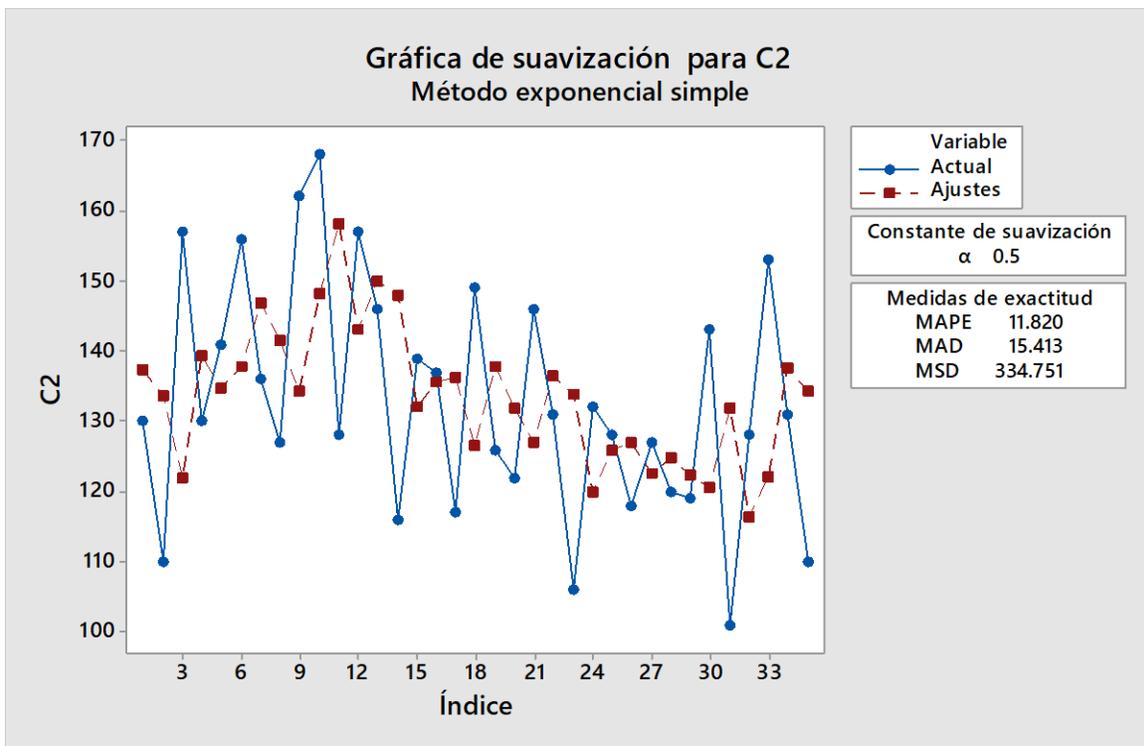
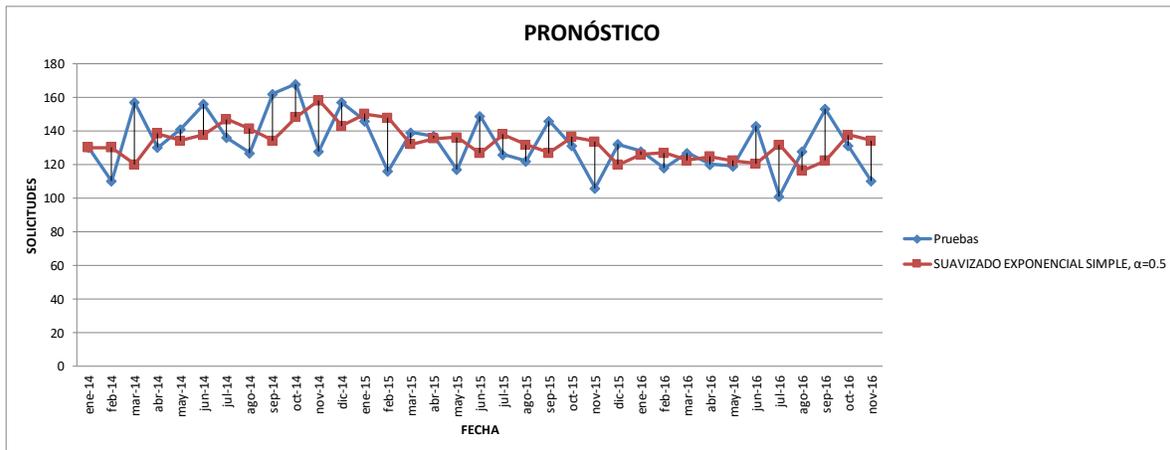
Excel:

$\alpha=$	0.5	<b>SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE, <math>\alpha=0.5</math></b>				
Fecha	Pruebas	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
ene-14	130	130.00	0	0.00	0.00	0.0
feb-14	110	130.00	-20	20.00	400.00	18.2
mar-14	157	120.00	37	37.00	1369.00	23.6
abr-14	130	138.50	-9	8.50	72.25	6.5
may-14	141	134.25	7	6.75	45.56	4.8
jun-14	156	137.63	18	18.38	337.64	11.8
jul-14	136	146.81	-11	10.81	116.91	8.0
ago-14	127	141.41	-14	14.41	207.54	11.3
sep-14	162	134.20	28	27.80	772.67	17.2
oct-14	168	148.10	20	19.90	395.95	11.8
nov-14	128	158.05	-30	30.05	903.05	23.5
dic-14	157	143.03	14	13.97	195.29	8.9
ene-15	146	150.01	-4	4.01	16.10	2.7
feb-15	116	148.01	-32	32.01	1024.41	27.6
mar-15	139	132.00	7	7.00	48.96	5.0
abr-15	137	135.50	1	1.50	2.25	1.1
may-15	117	136.25	-19	19.25	370.59	16.5
jun-15	149	126.63	22	22.37	500.62	15.0
jul-15	126	137.81	-12	11.81	139.54	9.4
ago-15	122	131.91	-10	9.91	98.14	8.1
sep-15	146	126.95	19	19.05	362.78	13.0
oct-15	131	136.48	-5	5.48	29.99	4.2
nov-15	106	133.74	-28	27.74	769.41	26.2
dic-15	132	119.87	12	12.13	147.16	9.2
ene-16	128	125.93	2	2.07	4.27	1.6
feb-16	118	126.97	-9	8.97	80.41	7.6
mar-16	127	122.48	5	4.52	20.40	3.6
abr-16	120	124.74	-5	4.74	22.48	4.0
may-16	119	122.37	-3	3.37	11.36	2.8
jun-16	143	120.69	22	22.31	497.94	15.6
jul-16	101	131.84	-31	30.84	951.27	30.5
ago-16	128	116.42	12	11.58	134.06	9.0
sep-16	153	122.21	31	30.79	947.98	20.1
oct-16	131	137.61	-7	6.61	43.63	5.0
nov-16	110	134.30	-24	24.30	590.62	22.1
		Promedio	-0.448	15.140	332.292	11.5870

**Minitab:**

Suavización exponencial simple para C2				
Datos	C2			
Longitud	35			
Constante de suavización				
$\alpha$	0.5			
Medidas de exactitud				
MAPE	11.820			
MAD	15.413			
MSD	334.751			
Tiempo	C2	Suavizar	Predecir	Error
1	130	133.667	137.333	-7.3333
2	110	121.833	133.667	-23.6667
3	157	139.417	121.833	35.1667
4	130	134.708	139.417	-9.4167
5	141	137.854	134.708	6.2917
6	156	146.927	137.854	18.1458
7	136	141.464	146.927	-10.9271
8	127	134.232	141.464	-14.4635
9	162	148.116	134.232	27.7682
10	168	158.058	148.116	19.8841
11	128	143.029	158.058	-30.0579
12	157	150.014	143.029	13.971
13	146	148.007	150.014	-4.0145
14	116	132.004	148.007	-32.0072
15	139	135.502	132.004	6.9964
16	137	136.251	135.502	1.4982
17	117	126.625	136.251	-19.2509
18	149	137.813	126.625	22.3745
19	126	131.906	137.813	-11.8127
20	122	126.953	131.906	-9.9064
21	146	136.477	126.953	19.0468
22	131	133.738	136.477	-5.4766
23	106	119.869	133.738	-27.7383
24	132	125.935	119.869	12.1309
25	128	126.967	125.935	2.0654
26	118	122.484	126.967	-8.9673
27	127	124.742	122.484	4.5164
28	120	122.371	124.742	-4.7418
29	119	120.685	122.371	-3.3709
30	143	131.843	120.685	22.3145
31	101	116.421	131.843	-30.8427
32	128	122.211	116.421	11.5786
33	153	137.605	122.211	30.7893
34	131	134.303	137.605	-6.6053
35	110	122.151	134.303	-24.3027

**Gráficas:**



**Comparación:**

Excel	Minitab	Diferencia (%)
130	137.333	10.071
130	133.667	4.902
120	121.833	2.233
138.500	139.417	1.278
134.250	134.708	0.617
137.625	137.854	0.316
146.813	146.927	0.168
141.406	141.464	0.082
134.203	134.232	0.039
148.102	148.116	0.021
158.051	158.058	0.011
143.025	143.029	0.005
150.013	150.014	0.002
148.006	148.007	0.001
132.003	132.004	0.001
135.502	135.502	0.001
136.251	136.251	0.000
126.625	126.625	-0.001
137.813	137.813	0.000
131.906	131.906	0.000
126.953	126.953	0.000
136.477	136.477	0.001
133.738	133.738	0.000
119.869	119.869	0.000
125.935	125.935	0.001
126.967	126.967	0.000
122.484	122.484	0.000
124.742	124.742	0.000
122.371	122.371	0.000
120.685	120.685	-0.001
131.843	131.843	0.000
116.421	116.421	0.000
122.211	122.211	0.000
137.605	137.605	0.000
134.303	134.303	0.000
	Promedio	2.85E-01

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.7 SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE (SOLVER), $\alpha= 0.13225436$

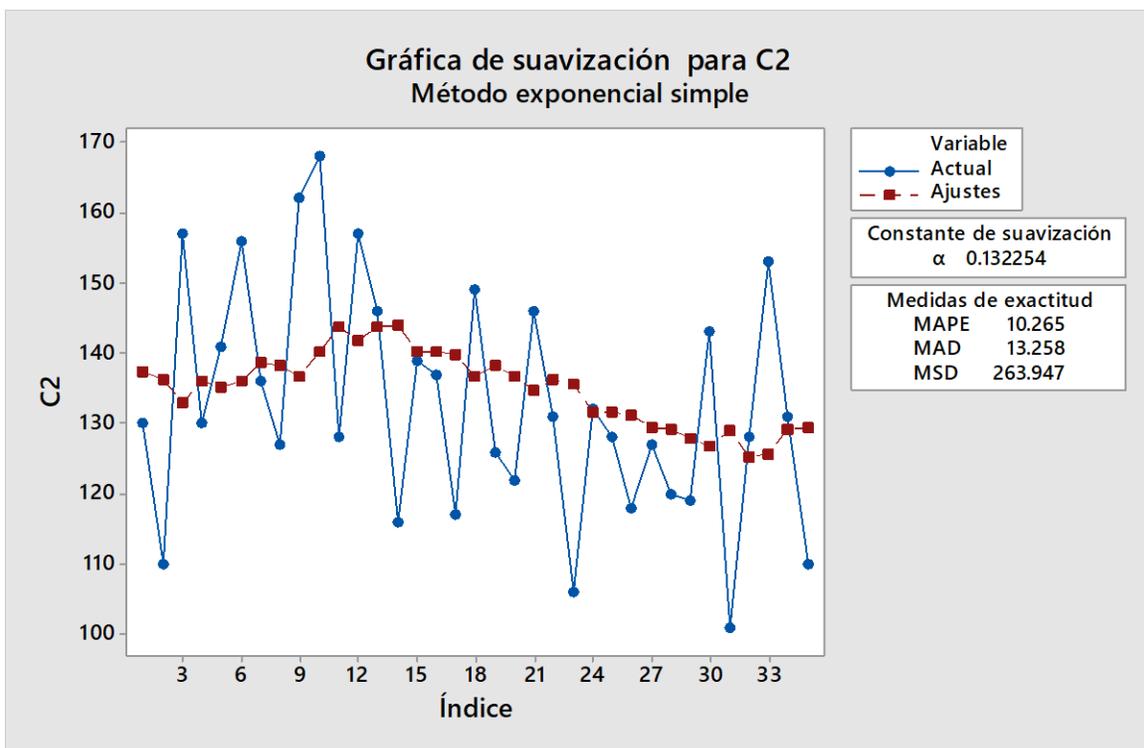
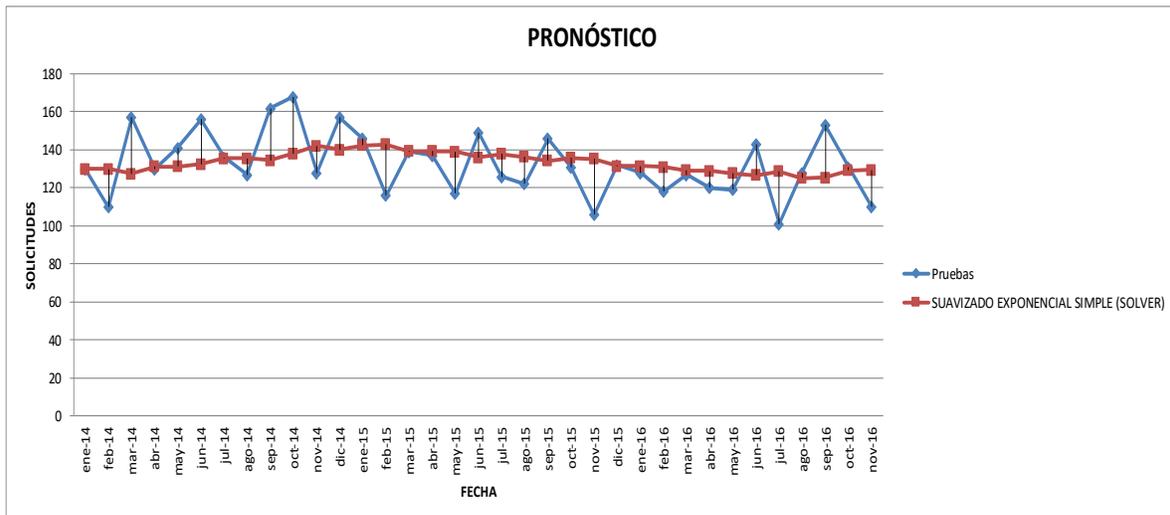
Excel:

$\alpha=$	0.13225436	SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE (SOLVER)				
Fecha	Pruebas	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
ene-14	130	130.00	0	0.00	0.00	0.0
feb-14	110	130.00	-20	20.00	400.00	18.2
mar-14	157	127.35	30	29.65	878.83	18.9
abr-14	130	131.28	-1	1.28	1.63	1.0
may-14	141	131.11	10	9.89	97.87	7.0
jun-14	156	132.42	24	23.58	556.24	15.1
jul-14	136	135.53	0	0.47	0.22	0.3
ago-14	127	135.60	-9	8.60	73.89	6.8
sep-14	162	134.46	28	27.54	758.50	17.0
oct-14	168	138.10	30	29.90	893.92	17.8
nov-14	128	142.06	-14	14.06	197.56	11.0
dic-14	157	140.20	17	16.80	282.35	10.7
ene-15	146	142.42	4	3.58	12.82	2.5
feb-15	116	142.89	-27	26.89	723.22	23.2
mar-15	139	139.34	0	0.34	0.11	0.2
abr-15	137	139.29	-2	2.29	5.25	1.7
may-15	117	138.99	-22	21.99	483.50	18.8
jun-15	149	136.08	13	12.92	166.91	8.7
jul-15	126	137.79	-12	11.79	138.98	9.4
ago-15	122	136.23	-14	14.23	202.49	11.7
sep-15	146	134.35	12	11.65	135.77	8.0
oct-15	131	135.89	-5	4.89	23.90	3.7
nov-15	106	135.24	-29	29.24	855.12	27.6
dic-15	132	131.37	1	0.63	0.39	0.5
ene-16	128	131.46	-3	3.46	11.96	2.7
feb-16	118	131.00	-13	13.00	169.01	11.0
mar-16	127	129.28	-2	2.28	5.20	1.8
abr-16	120	128.98	-9	8.98	80.63	7.5
may-16	119	127.79	-9	8.79	77.30	7.4
jun-16	143	126.63	16	16.37	268.01	11.4
jul-16	101	128.79	-28	27.79	772.52	27.5
ago-16	128	125.12	3	2.88	8.30	2.3
sep-16	153	125.50	28	27.50	756.28	18.0
oct-16	131	129.14	2	1.86	3.47	1.4
nov-16	110	129.38	-19	19.38	375.70	17.6
		Promedio	-0.687	12.985	269.081	9.948

**Minitab:**

Suavización	exponencial simple	para	C2
Datos	C2		
Longitud	35		
Constante de suavización			
$\alpha$	0.132254		
Medidas de exactitud			
MAPE	10.265		
MAD	13.258		
MSD	263.947		
Tiempo	C2	Suavizar	Predecir Error
1	130	136.363	137.333 -7.3333
2	110	132.877	136.363 -26.3635
3	157	136.067	132.877 24.1232
4	130	135.265	136.067 -6.0672
5	141	136.023	135.265 5.7352
6	156	138.665	136.023 19.9767
7	136	138.313	138.665 -2.6653
8	127	136.817	138.313 -11.3128
9	162	140.147	136.817 25.1834
10	168	143.831	140.147 27.8528
11	128	141.737	143.831 -15.8309
12	157	143.756	141.737 15.2628
13	146	144.053	143.756 2.2442
14	116	140.342	144.053 -28.0526
15	139	140.165	140.342 -1.3425
16	137	139.746	140.165 -3.1649
17	117	136.738	139.746 -22.7464
18	149	138.36	136.738 12.2619
19	126	136.725	138.36 -12.3598
20	122	134.778	136.725 -14.7251
21	146	136.262	134.778 11.2223
22	131	135.566	136.262 -5.2619
23	106	131.656	135.566 -29.566
24	132	131.701	131.656 0.3443
25	128	131.212	131.701 -3.7013
26	118	129.464	131.212 -13.2118
27	127	129.139	129.464 -2.4644
28	120	127.93	129.139 -9.1385
29	119	126.749	127.93 -8.9299
30	143	128.898	126.749 16.2511
31	101	125.209	128.898 -27.8982
32	128	125.578	125.209 2.7915
33	153	129.204	125.578 27.4223
34	131	129.442	129.204 1.7956
35	110	126.871	129.442 -19.4419

**Gráficas:**



**Comparación:**

<b>Excel</b>	<b>Minitab</b>	<b>Diferencia (%)</b>
130	137.333	10.071
130	136.363	8.677
127.354913	132.877	7.338
131.276	136.067	6.520
131.107	135.265	5.624
132.415	136.023	4.907
135.534	138.665	4.341
135.596	138.313	3.758
134.459	136.817	3.226
138.102	140.147	2.867
142.056	143.831	2.553
140.197	141.737	2.183
142.419	143.756	1.922
142.893	144.053	1.671
139.336	140.342	1.412
139.292	140.165	1.224
138.989	139.746	1.059
136.080	136.738	0.899
137.789	138.360	0.790
136.230	136.725	0.677
134.348	134.778	0.580
135.889	136.262	0.508
135.242	135.566	0.439
131.375	131.656	0.370
131.458	131.701	0.321
131.000	131.212	0.278
129.281	129.464	0.237
128.979	129.139	0.206
127.792	127.930	0.177
126.629	126.749	0.152
128.794	128.898	0.134
125.118	125.209	0.114
125.499	125.578	0.099
129.136	129.204	0.087
129.383	129.442	0.076
	Promedio	1.92E+00

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

## 5.1.8 SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE, $\alpha=0.3$

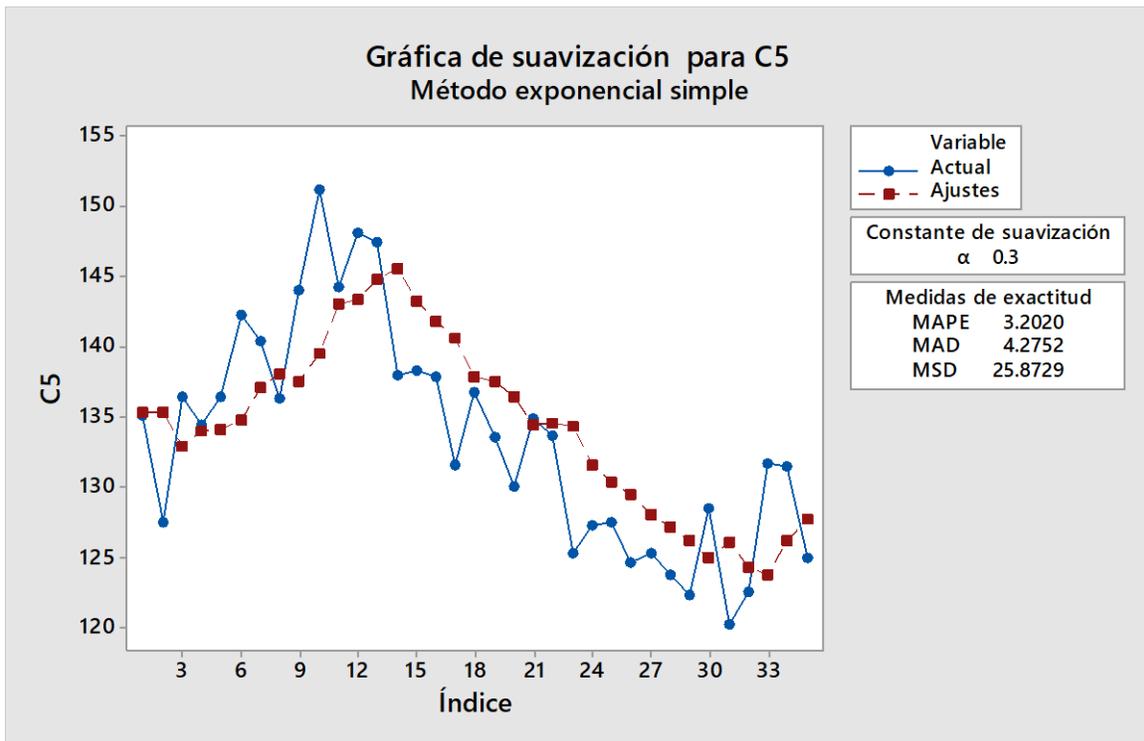
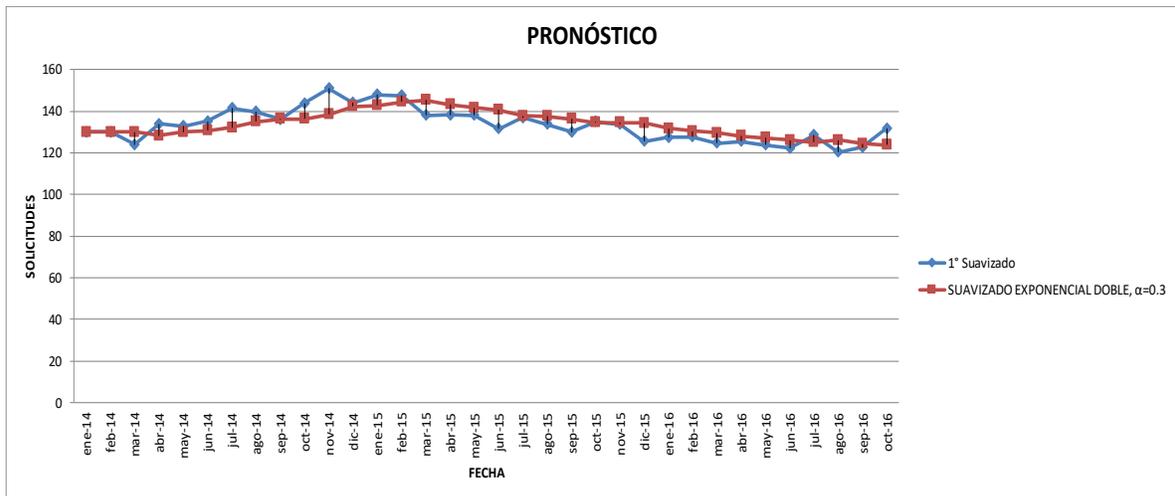
Excel:

$\alpha=$	0.3	SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE, $\alpha=0.3$				
Fecha	1° Suavizado	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
ene-14	130	130.00	0	0.00	0.00	0.0
feb-14	130	130.00	0	0.00	0.00	0.0
mar-14	124	130.00	-6	6.00	36.00	4.8
abr-14	133.9	128.20	6	5.70	32.49	4.3
may-14	132.73	129.91	3	2.82	7.95	2.1
jun-14	135.211	130.76	4	4.46	19.85	3.3
jul-14	141.4477	132.09	9	9.36	87.52	6.6
ago-14	139.81339	134.90	5	4.91	24.15	3.5
sep-14	135.969373	136.37	0	0.40	0.16	0.3
oct-14	143.778561	136.25	8	7.53	56.65	5.2
nov-14	151.044993	138.51	13	12.53	157.12	8.3
dic-14	144.131495	142.27	2	1.86	3.46	1.3
ene-15	147.992046	142.83	5	5.16	26.66	3.5
feb-15	147.394433	144.38	3	3.02	9.10	2.0
mar-15	137.976103	145.28	-7	7.31	53.39	5.3
abr-15	138.283272	143.09	-5	4.81	23.11	3.5
may-15	137.89829	141.65	-4	3.75	14.06	2.7
jun-15	131.628803	140.52	-9	8.89	79.11	6.8
jul-15	136.840162	137.86	-1	1.01	1.03	0.7
ago-15	133.588114	137.55	-4	3.96	15.70	3.0
sep-15	130.11168	136.36	-6	6.25	39.06	4.8
oct-15	134.878176	134.49	0	0.39	0.15	0.3
nov-15	133.714723	134.60	-1	0.89	0.79	0.7
dic-15	125.400306	134.34	-9	8.94	79.87	7.1
ene-16	127.380214	131.66	-4	4.28	18.28	3.4
feb-16	127.56615	130.37	-3	2.81	7.88	2.2
mar-16	124.696305	129.53	-5	4.83	23.38	3.9
abr-16	125.387413	128.08	-3	2.69	7.25	2.1
may-16	123.771189	127.27	-4	3.50	12.26	2.8
jun-16	122.339833	126.22	-4	3.88	15.07	3.2
jul-16	128.537883	125.06	3	3.48	12.11	2.7
ago-16	120.276518	126.10	-6	5.83	33.93	4.8
sep-16	122.593563	124.35	-2	1.76	3.10	1.4
oct-16	131.715494	123.83	8	7.89	62.24	6.0
nov-16	131.500846	126.19	5	5.31	28.18	4.0
		Promedio	-0.210	4.463	28.317	3.335

## Minitab:

Suavización exponencial simple para C5					
Datos C5					
Longitud	35				
Constante de suavización					
$\alpha$	0.3				
Medidas de exactitud					
MAPE	3.202				
MAD	4.2752				
MSD	25.8729				
Tiempo	1° Suavizado	Suavizar	Predecir	Error	
1	135.133		135.318	135.398	-0.2647
2	127.593		133.001	135.318	-7.7253
3	136.415		134.025	133.001	3.4143
4	134.491		134.165	134.025	0.466
5	136.444		134.849	134.165	2.2792
6	142.31		137.087	134.849	7.4614
7	140.417		138.086	137.087	3.33
8	136.392		137.578	138.086	-1.694
9	144.074		139.527	137.578	6.4962
10	151.252		143.044	139.527	11.7253
11	144.276		143.414	143.044	1.2317
12	148.094		144.818	143.414	4.6802
13	147.465		145.612	144.818	2.6472
14	138.026		143.336	145.612	-7.586
15	138.318		141.831	143.336	-5.0182
16	137.923		140.658	141.831	-3.9077
17	131.646		137.955	140.658	-9.0124
18	136.852		137.624	137.955	-1.1027
19	133.596		136.416	137.624	-4.0279
20	130.118		134.526	136.416	-6.2975
21	134.882		134.633	134.526	0.3557
22	133.718		134.358	134.633	-0.915
23	125.402		131.672	134.358	-8.9565
24	127.382		130.385	131.672	-4.2895
25	127.567		129.539	130.385	-2.8177
26	124.697		128.087	129.539	-4.8424
27	125.388		127.277	128.087	-2.6987
28	123.772		126.226	127.277	-3.5051
29	122.34		125.06	126.226	-3.8855
30	128.538		126.103	125.06	3.4781
31	120.277		124.355	126.103	-5.8263
32	122.594		123.827	124.355	-1.7614
33	131.716		126.194	123.827	7.889
34	131.501		127.786	126.194	5.3073
35	125.051		126.965	127.786	-2.7349

**Gráficos:**



**Comparación:**

Excel	Minitab	Diferencia (%)
130	135.398	7.309
130	135.318	7.196
130	133.001	3.991
128.200	134.025	7.807
129.910	134.165	5.709
130.756	134.849	5.519
132.093	137.087	6.847
134.899	138.086	4.401
136.373	137.578	1.657
136.252	139.527	4.569
138.510	143.044	6.485
142.271	143.414	1.640
142.829	144.818	2.881
144.378	145.612	1.797
145.283	143.336	-2.790
143.091	141.831	-1.787
141.649	140.658	-1.393
140.523	137.955	-3.543
137.855	137.624	-0.318
137.551	136.416	-1.548
136.362	134.526	-2.470
134.487	134.633	0.197
134.604	134.358	-0.331
134.337	131.672	-3.510
131.656	130.385	-1.658
130.373	129.539	-1.081
129.531	128.087	-1.850
128.081	127.277	-1.023
127.273	126.226	-1.321
126.222	125.060	-1.454
125.058	126.103	1.318
126.102	124.355	-2.172
124.354	123.827	-0.653
123.826	126.194	2.988
126.193	127.786	2.036
	Promedio	1.12E+00

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.9 SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE, $\alpha= 0.5$

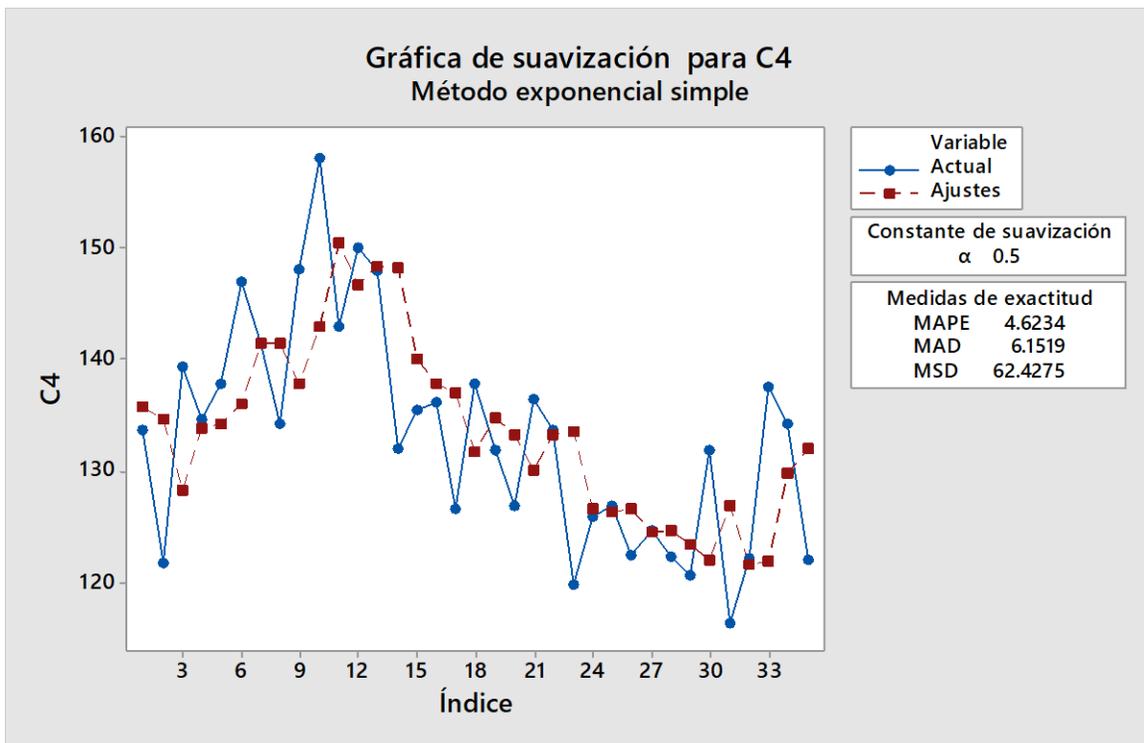
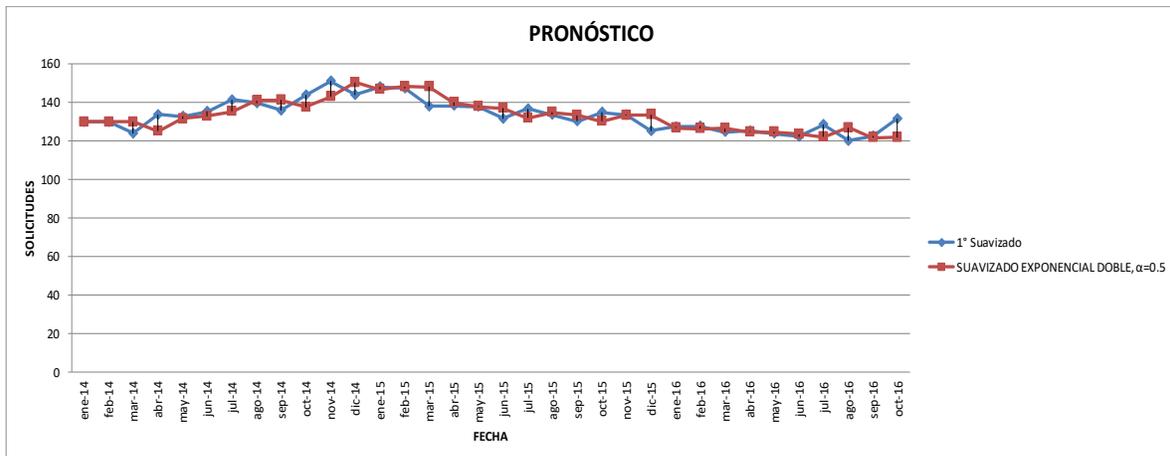
Excel:

$\alpha=$	0.5	SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE, $\alpha=0.5$				
Fecha	1° Suavizado	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
ene-14	130.000	130.00	0	0.00	0.00	0.0
feb-14	130.000	130.00	0	0.00	0.00	0.0
mar-14	120.000	130.00	-10	10.00	100.00	8.3
abr-14	138.500	125.00	14	13.50	182.25	9.7
may-14	134.250	131.75	3	2.50	6.25	1.9
jun-14	137.625	133.00	5	4.63	21.39	3.4
jul-14	146.813	135.31	12	11.50	132.25	7.8
ago-14	141.406	141.06	0	0.34	0.12	0.2
sep-14	134.203	141.23	-7	7.03	49.44	5.2
oct-14	148.102	137.72	10	10.38	107.80	7.0
nov-14	158.051	142.91	15	15.14	229.24	9.6
dic-14	143.025	150.48	-7	7.46	55.58	5.2
ene-15	150.013	146.75	3	3.26	10.63	2.2
feb-15	148.006	148.38	0	0.38	0.14	0.3
mar-15	132.003	148.19	-16	16.19	262.16	12.3
abr-15	135.502	140.10	-5	4.60	21.14	3.4
may-15	136.251	137.80	-2	1.55	2.40	1.1
jun-15	126.625	137.03	-10	10.40	108.16	8.2
jul-15	137.813	131.83	6	5.99	35.85	4.3
ago-15	131.906	134.82	-3	2.91	8.48	2.2
sep-15	126.953	133.36	-6	6.41	41.08	5.0
oct-15	136.477	130.16	6	6.32	39.93	4.6
nov-15	133.738	133.32	0	0.42	0.18	0.3
dic-15	119.869	133.53	-14	13.66	186.56	11.4
ene-16	125.935	126.70	-1	0.76	0.58	0.6
feb-16	126.967	126.32	1	0.65	0.42	0.5
mar-16	122.484	126.64	-4	4.16	17.29	3.4
abr-16	124.742	124.56	0	0.18	0.03	0.1
may-16	122.371	124.65	-2	2.28	5.20	1.9
jun-16	120.685	123.51	-3	2.83	7.99	2.3
jul-16	131.843	122.10	10	9.74	94.95	7.4
ago-16	116.421	126.97	-11	10.55	111.29	9.1
sep-16	122.211	121.70	1	0.51	0.26	0.4
oct-16	137.605	121.95	16	15.65	244.99	11.4
nov-16	134.303	129.78	5	4.52	20.46	3.4
		Promedio	0.117	5.897	60.128	4.408

**Minitab:**

Suavización exponencial simple		para		C4	
Datos		C4			
Longitud	35				
Constante de suavización					
$\alpha$	0.5				
Medidas de exactitud					
MAPE	4.6234				
MAD	6.1519				
MSD	62.4275				
Tiempo	1° Suavizado	Suavizar	Predecir	Error	
1	133.667		134.701	135.734	-2.0673
2	121.833		128.267	134.701	-12.8677
3	139.417		133.842	128.267	11.1502
4	134.708		134.275	133.842	0.8661
5	137.854		136.064	134.275	3.579
6	146.927		141.496	136.064	10.8625
7	141.464		141.48	141.496	-0.0317
8	134.232		137.856	141.48	-7.2479
9	148.116		142.986	137.856	10.2601
10	158.058		150.522	142.986	15.072
11	143.029		146.775	150.522	-7.493
12	150.014		148.395	146.775	3.2385
13	148.007		148.201	148.395	-0.3877
14	132.004		140.102	148.201	-16.1969
15	135.502		137.802	140.102	-4.6004
16	136.251		137.027	137.802	-1.5512
17	126.625		131.826	137.027	-10.4016
18	137.813		134.819	131.826	5.9872
19	131.906		133.363	134.819	-2.9134
20	126.953		130.158	133.363	-6.4097
21	136.477		133.317	130.158	6.3191
22	133.738		133.528	133.317	0.4206
23	119.869		126.698	133.528	-13.6587
24	125.935		126.317	126.698	-0.7634
25	126.967		126.642	126.317	0.6503
26	122.484		124.563	126.642	-4.1578
27	124.742		124.652	124.563	0.1791
28	122.371		123.512	124.652	-2.2815
29	120.685		122.098	123.512	-2.8267
30	131.843		126.971	122.098	9.7446
31	116.421		121.696	126.971	-10.5497
32	122.211		121.953	121.696	0.5152
33	137.605		129.779	121.953	15.6516
34	134.303		132.041	129.779	4.5238
35	122.151		127.096	132.041	-9.8901

**Gráficas:**



**Comparación:**

Excel	Minitab	Diferencia (%)
130	135.734	7.783
130	134.701	6.332
130	128.267	-2.223
125.000	133.842	11.834
131.750	134.275	3.390
133.000	136.064	4.169
135.313	141.496	8.749
141.063	141.480	0.591
141.234	137.856	-4.657
137.719	142.986	7.531
142.910	150.522	11.457
150.480	146.775	-5.439
146.753	148.395	2.437
148.383	148.201	-0.269
148.195	140.102	-11.338
140.099	137.802	-3.165
137.800	137.027	-1.060
137.026	131.826	-6.854
131.825	134.819	4.036
134.819	133.363	-1.942
133.363	130.158	-4.171
130.158	133.317	4.212
133.317	133.528	0.281
133.528	126.698	-8.653
126.698	126.317	-0.482
126.317	126.642	0.412
126.642	124.563	-2.590
124.563	124.652	0.111
124.652	123.512	-1.408
123.512	122.098	-1.726
122.099	126.971	6.187
126.971	121.696	-6.419
121.696	121.953	0.313
121.953	129.779	10.156
129.779	132.041	2.986
	Promedio	6.70E-01

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.10 SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE (SOLVER), $\alpha = 0.13225436$

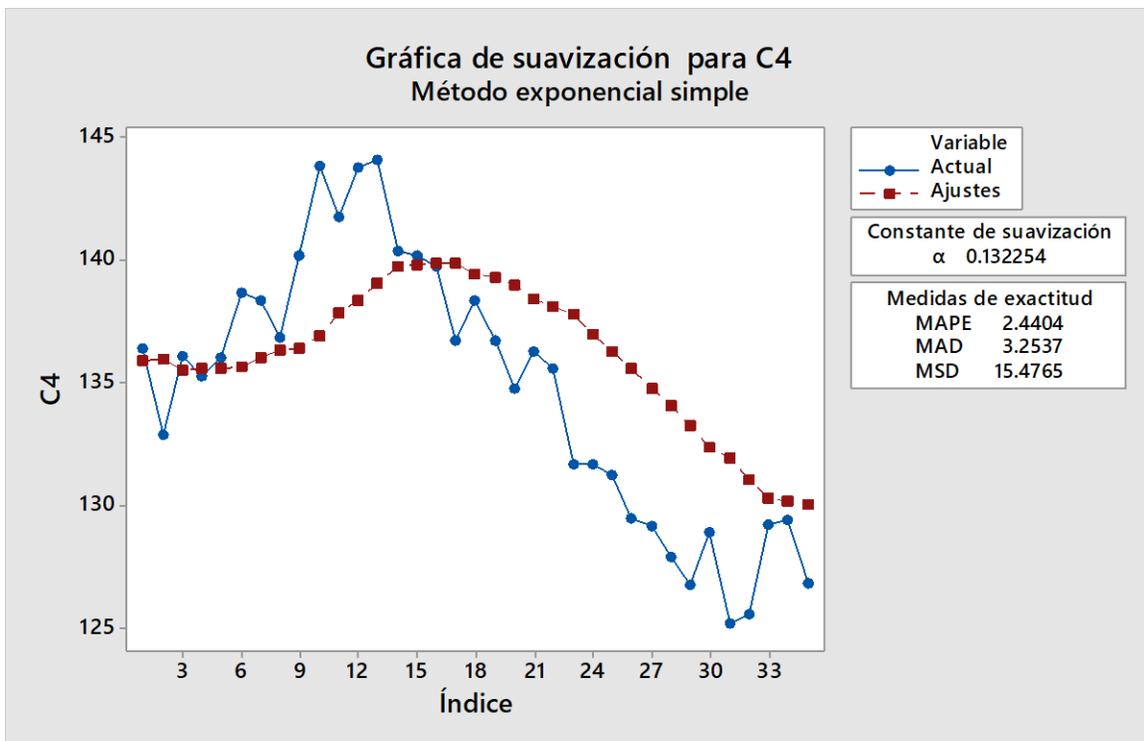
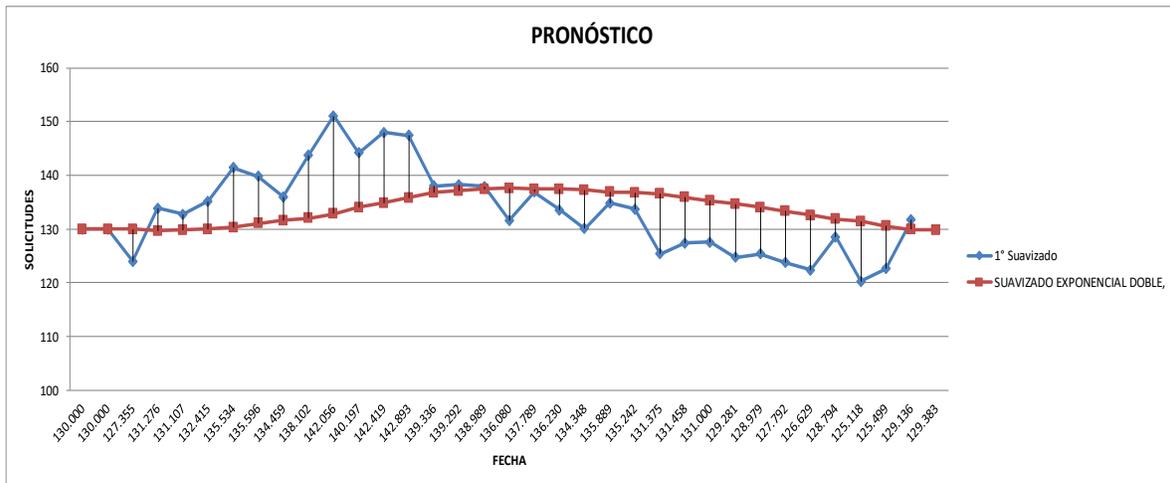
Excel:

$\alpha =$	0.13225436	SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE,				
Fecha	1° Suavizado	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
ene-14	130.000	130.00	0	0.00	0.00	0.0
feb-14	130.000	130.00	0	0.00	0.00	0.0
mar-14	127.355	130.00	-3	2.65	7.00	2.1
abr-14	131.276	129.65	2	1.63	2.64	1.2
may-14	131.107	129.87	1	1.24	1.54	0.9
jun-14	132.415	130.03	2	2.39	5.69	1.8
jul-14	135.534	130.34	5	5.19	26.93	3.8
ago-14	135.596	131.03	5	4.56	20.84	3.4
sep-14	134.459	131.63	3	2.82	7.98	2.1
oct-14	138.102	132.01	6	6.09	37.13	4.4
nov-14	142.056	132.81	9	9.24	85.40	6.5
dic-14	140.197	134.04	6	6.16	37.95	4.4
ene-15	142.419	134.85	8	7.57	57.27	5.3
feb-15	142.893	135.85	7	7.04	49.57	4.9
mar-15	139.336	136.78	3	2.55	6.52	1.8
abr-15	139.292	137.12	2	2.17	4.71	1.6
may-15	138.989	137.41	2	1.58	2.50	1.1
jun-15	136.080	137.62	-2	1.54	2.36	1.1
jul-15	137.789	137.41	0	0.38	0.14	0.3
ago-15	136.230	137.46	-1	1.23	1.52	0.9
sep-15	134.348	137.30	-3	2.95	8.72	2.2
oct-15	135.889	136.91	-1	1.02	1.04	0.8
nov-15	135.242	136.77	-2	1.53	2.35	1.1
dic-15	131.375	136.57	-5	5.20	27.01	4.0
ene-16	131.458	135.88	-4	4.43	19.60	3.4
feb-16	131.000	135.30	-4	4.30	18.48	3.3
mar-16	129.281	134.73	-5	5.45	29.70	4.2
abr-16	128.979	134.01	-5	5.03	25.31	3.9
may-16	127.792	133.34	-6	5.55	30.83	4.3
jun-16	126.629	132.61	-6	5.98	35.78	4.7
jul-16	128.794	131.82	-3	3.03	9.15	2.3
ago-16	125.118	131.42	-6	6.30	39.70	5.0
sep-16	125.499	130.59	-5	5.09	25.87	4.1
oct-16	129.136	129.91	-1	0.78	0.60	0.6
nov-16	129.383	129.81	0	0.43	0.18	0.3
		Promedio	-0.053	3.517	18.058	2.628

**Minitab:**

Suavización	exponencial	simple	para	C4	
Datos	C4				
Longitud		35			
Constante de suavización					
$\alpha$		0.132254			
Medidas de exactitud					
MAPE		2.4404			
MAD		3.2537			
MSD		15.4765			
Tiempo	1° Suavizado	Suavizar	Predecir	Error	
	1	136.363	135.941	135.877	0.48633
	2	132.877	135.536	135.941	-3.06399
	3	136.067	135.606	135.536	0.53124
	4	135.265	135.561	135.606	-0.34102
	5	136.023	135.622	135.561	0.46208
	6	138.665	136.024	135.622	3.04297
	7	138.313	136.327	136.024	2.28852
	8	136.817	136.392	136.327	0.48986
	9	140.147	136.889	136.392	3.75507
	10	143.831	137.807	136.889	6.94245
	11	141.737	138.327	137.807	3.93028
	12	143.756	139.045	138.327	5.42949
	13	144.053	139.707	139.045	5.00842
	14	140.342	139.791	139.707	0.63503
	15	140.165	139.84	139.791	0.37405
	16	139.746	139.828	139.84	-0.09442
	17	136.738	139.419	139.828	-3.08993
	18	138.36	139.279	139.419	-1.05928
	19	136.725	138.941	139.279	-2.55418
	20	134.778	138.391	138.941	-4.16338
	21	136.262	138.109	138.391	-2.12876
	22	135.566	137.773	138.109	-2.54322
	23	131.656	136.964	137.773	-6.11687
	24	131.701	136.268	136.964	-5.26289
	25	131.212	135.599	136.268	-5.05585
	26	129.464	134.788	135.599	-6.1352
	27	129.139	134.041	134.788	-5.64879
	28	127.93	133.233	134.041	-6.11072
	29	126.749	132.375	133.233	-6.48355
	30	128.898	131.915	132.375	-3.47707
	31	125.209	131.028	131.915	-6.70622
	32	125.578	130.307	131.028	-5.45029
	33	129.204	130.162	130.307	-1.10347
	34	129.442	130.066	130.162	-0.71953
	35	126.871	129.644	130.066	-3.19537

**Gráfica:**



**Comparación:**

Excel	Minitab	Diferencia (%)
130	135.877	7.985
130	135.941	8.076
130	135.536	7.503
129.650	135.606	8.076
129.865	135.561	7.721
130.029	135.622	7.585
130.345	136.024	7.725
131.031	136.327	7.220
131.635	136.392	6.488
132.008	136.889	6.681
132.814	137.807	6.880
134.037	138.327	5.935
134.851	139.045	5.831
135.852	139.707	5.385
136.783	139.791	4.204
137.121	139.840	3.802
137.408	139.828	3.384
137.617	139.419	2.512
137.414	139.279	2.598
137.463	138.941	2.053
137.300	138.391	1.509
136.910	138.109	1.656
136.775	137.773	1.375
136.572	136.964	0.537
135.885	136.268	0.522
135.299	135.599	0.406
134.731	134.788	0.077
134.010	134.041	0.042
133.345	133.233	-0.149
132.610	132.375	-0.311
131.819	131.915	0.126
131.419	131.028	-0.513
130.586	130.307	-0.363
129.913	130.162	0.324
129.810	130.066	0.332
	Promedio	3.39E+00

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.11 SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE (SOLVER)

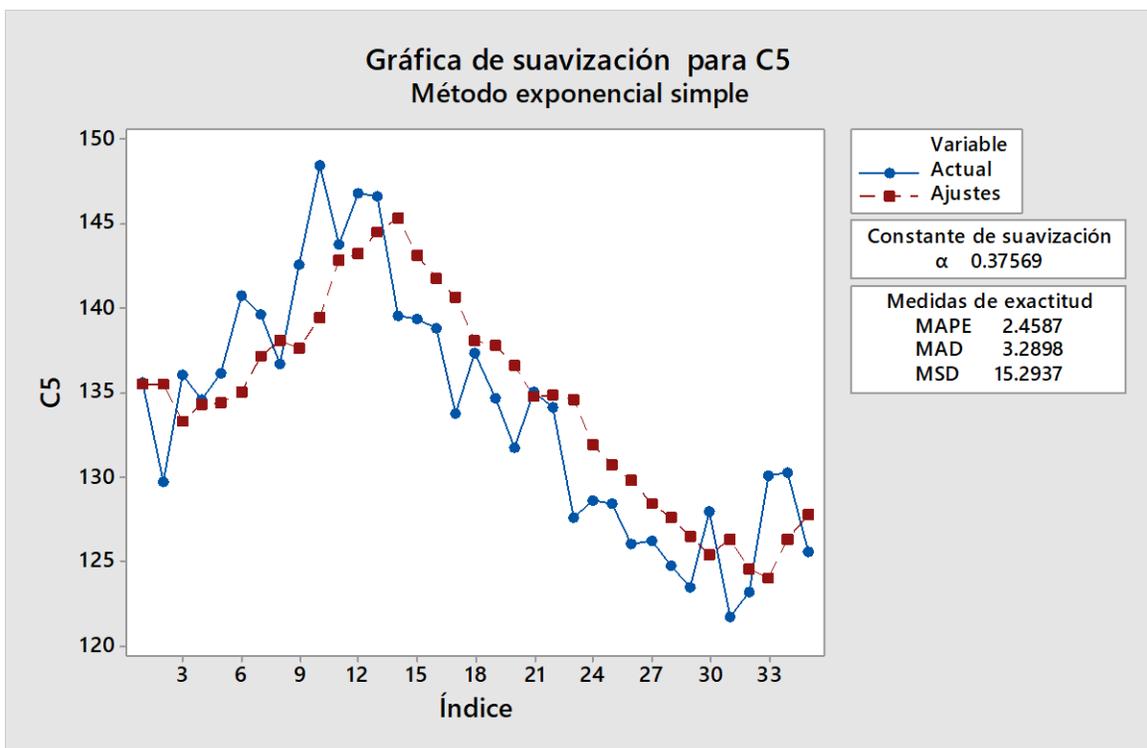
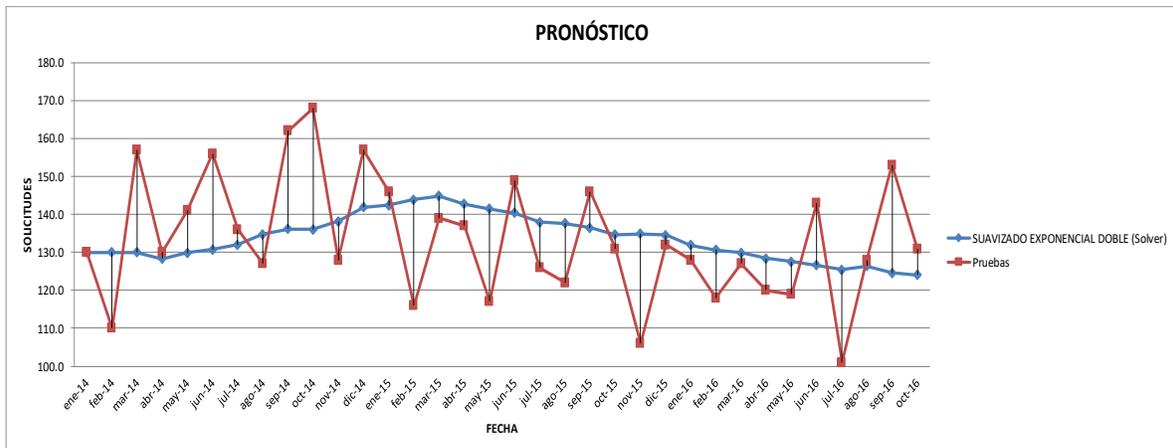
Excel:

	$\alpha=$	0.231901031	0.375690787	SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE			
Fecha	Pruebas	1° Suavizado	2° Suavizado	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
ene-14	130	130.0	130.0	0	0.00	0.00	0.0
feb-14	110	130.00	130.00	0	0.00	0.00	0.0
mar-14	157	125.36	130.00	-5	4.64	21.51	3.0
abr-14	130	132.70	128.26	4	4.44	19.73	3.4
may-14	141	132.07	129.93	2	2.15	4.61	1.5
jun-14	156	134.14	130.73	3	3.41	11.63	2.2
jul-14	136	139.21	132.01	7	7.20	51.81	5.3
ago-14	127	138.47	134.72	4	3.75	14.05	3.0
sep-14	162	135.81	136.13	0	0.32	0.10	0.2
oct-14	168	141.88	136.01	6	5.87	34.52	3.5
nov-14	128	147.94	138.21	10	9.72	94.57	7.6
dic-14	157	143.31	141.87	1	1.45	2.09	0.9
ene-15	146	146.49	142.41	4	4.08	16.62	2.8
feb-15	116	146.38	143.94	2	2.43	5.92	2.1
mar-15	139	139.33	144.86	-6	5.53	30.53	4.0
abr-15	137	139.25	142.78	-4	3.53	12.44	2.6
may-15	117	138.73	141.46	-3	2.72	7.42	2.3
jun-15	149	133.69	140.43	-7	6.74	45.43	4.5
jul-15	126	137.24	137.90	-1	0.66	0.43	0.5
ago-15	122	134.63	137.65	-3	3.02	9.11	2.5
sep-15	146	131.70	136.52	-5	4.81	23.18	3.3
oct-15	131	135.02	134.71	0	0.31	0.10	0.2
nov-15	106	134.09	134.83	-1	0.74	0.55	0.7
dic-15	132	127.57	134.55	-7	6.97	48.65	5.3
ene-16	128	128.60	131.93	-3	3.33	11.08	2.6
feb-16	118	128.46	130.68	-2	2.22	4.92	1.9
mar-16	127	126.04	129.85	-4	3.81	14.52	3.0
abr-16	120	126.26	128.41	-2	2.15	4.64	1.8
may-16	119	124.81	127.60	-3	2.80	7.82	2.4
jun-16	143	123.46	126.55	-3	3.09	9.57	2.2
jul-16	101	127.99	125.39	3	2.60	6.76	2.6
ago-16	128	121.73	126.37	-5	4.64	21.49	3.6
sep-16	153	123.19	124.63	-1	1.44	2.08	0.9
oct-16	131	130.10	124.09	6	6.01	36.17	4.6
nov-16	110	130.31	126.35	4	3.96	15.71	3.6
			Promedio	-0.164	3.444	16.849	2.584

**Minitab:**

Suavización exponencial simple para C5					
Datos C5					
Longitud 35					
Constante de suavización					
$\alpha$ 0.37569					
Medidas de exactitud					
MAPE 2.4587					
MAD 3.2898					
MSD 15.2937					
Tiempo	1° Suavizado	Suavizar	Predecir	Error	
1	135.633	135.528	135.465	0.16783	
2	129.688	133.334	135.528	-5.84022	
3	136.022	134.344	133.334	2.68789	
4	134.626	134.45	134.344	0.28208	
5	136.104	135.071	134.45	1.6541	
6	140.718	137.193	135.071	5.64667	
7	139.624	138.106	137.193	2.43127	
8	136.696	137.576	138.106	-1.41013	
9	142.564	139.45	137.576	4.98764	
10	148.463	142.836	139.45	9.01283	
11	143.717	143.167	142.836	0.8808	
12	146.798	144.531	143.167	3.63089	
13	146.613	145.313	144.531	2.0818	
14	139.514	143.135	145.313	-5.79931	
15	139.394	141.729	143.135	-3.74057	
16	138.839	140.643	141.729	-2.89027	
17	133.775	138.063	140.643	-6.86843	
18	137.305	137.778	138.063	-0.75803	
19	134.684	136.616	137.778	-3.09424	
20	131.742	134.785	136.616	-4.87377	
21	135.049	134.884	134.785	0.26426	
22	134.11	134.593	134.884	-0.77402	
23	127.591	131.963	134.593	-7.00223	
24	128.614	130.705	131.963	-3.34856	
25	128.471	129.865	130.705	-2.23354	
26	126.043	128.429	129.865	-3.82242	
27	126.265	127.616	128.429	-2.16438	
28	124.812	126.563	127.616	-2.80424	
29	123.464	125.399	126.563	-3.09872	
30	127.995	126.374	125.399	2.59644	
31	121.735	124.631	126.374	-4.63902	
32	123.187	124.089	124.631	-1.44418	
33	130.101	126.347	124.089	6.01238	
34	130.31	127.836	126.347	3.96259	
35	125.6	126.996	127.836	-2.23612	

## Gráficas:



**Comparación:**

Excel	Minitab	Diferencia (%)
130.0	135.465	7.403
130.0	135.528	7.492
130.0	133.334	4.445
128.3	134.344	8.177
129.9	134.45	6.082
130.7	135.071	5.860
132.0	137.193	7.105
134.7	138.106	4.679
136.1	137.576	1.994
136.0	139.45	4.802
138.2	142.836	6.602
141.9	143.167	1.861
142.4	144.531	3.064
143.9	145.313	1.991
144.9	143.135	-2.464
142.8	141.729	-1.491
141.5	140.643	-1.143
140.4	138.063	-3.271
137.9	137.778	-0.168
137.7	136.616	-1.416
136.5	134.785	-2.337
134.7	134.884	0.234
134.8	134.593	-0.315
134.5	131.963	-3.413
131.9	130.705	-1.599
130.7	129.865	-1.056
129.8	128.429	-1.819
128.4	127.616	-1.018
127.6	126.563	-1.318
126.6	125.399	-1.448
125.4	126.374	1.241
126.4	124.631	-2.166
124.6	124.089	-0.667
124.1	126.347	2.857
126.3	127.836	1.906
	Promedio	1.27E+00

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.13 SUAVIZADO EXPONENCIAL CON AJUSTE DE TENDENCIA

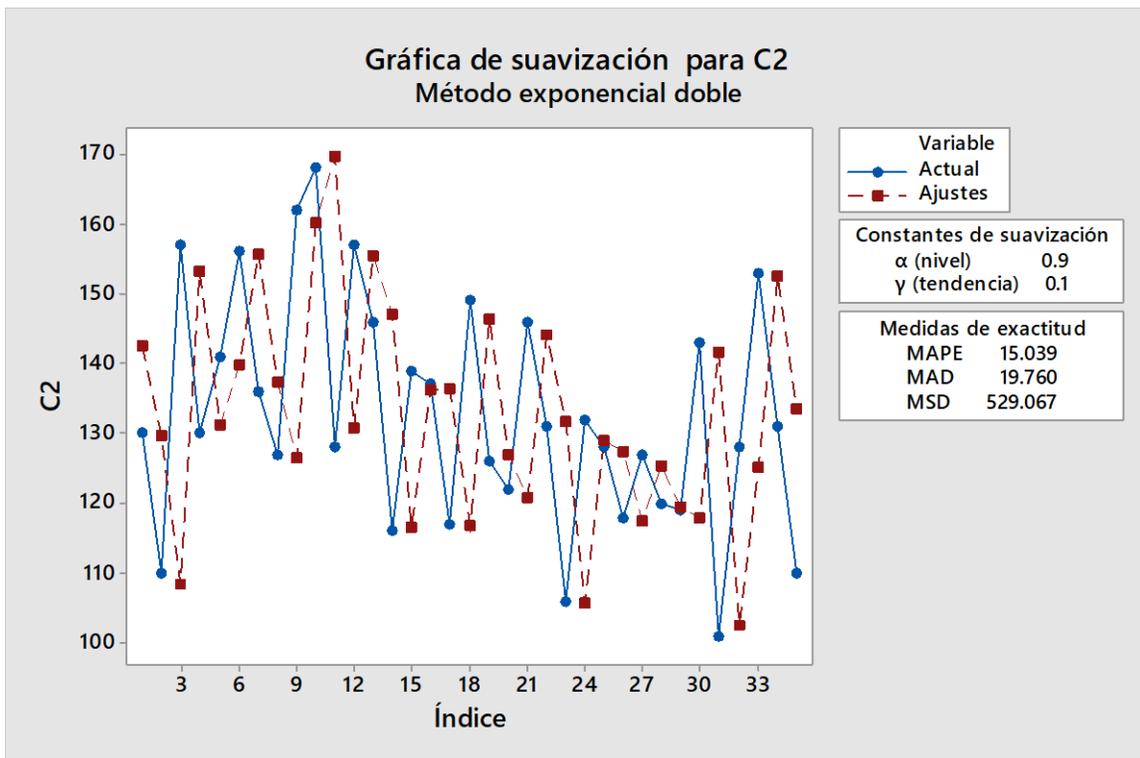
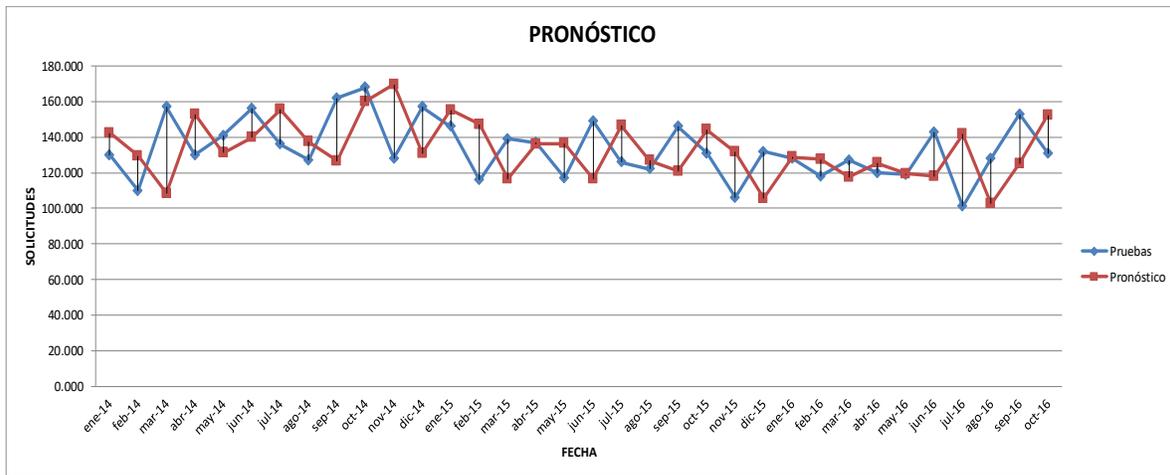
Excel:

$\alpha=$		0.90	$\beta=$	0.10	SUAVIZADO EXPONENCIAL CON AJUSTE DE TENDENCIA (SOLVER)				
Xt	Fecha	Pruebas	Ft	Tt	Pronóstico	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
1	ene-14	130.000	143.000	-0.569	142.438	-12.438	12.438	154.706	9.568
2	feb-14	110.000	131.249	-1.687	129.562	-19.562	19.562	382.680	17.784
3	mar-14	157.000	111.966	-3.447	108.519	48.481	48.481	2350.406	30.880
4	abr-14	130.000	152.129	0.914	153.043	-23.043	23.043	530.996	17.726
5	may-14	141.000	132.315	-1.158	131.157	9.843	9.843	96.885	6.981
6	jun-14	156.000	140.011	-0.273	139.738	16.262	16.262	264.449	10.424
7	jul-14	136.000	154.366	1.190	155.556	-19.556	19.556	382.436	14.379
8	ago-14	127.000	137.965	-0.569	137.396	-10.396	10.396	108.070	8.186
9	sep-14	162.000	128.045	-1.504	126.540	35.460	35.460	1257.400	21.889
10	oct-14	168.000	158.437	1.685	160.123	7.877	7.877	62.055	4.689
11	nov-14	128.000	167.209	2.394	169.602	-41.602	41.602	1730.765	32.502
12	dic-14	157.000	132.180	-1.348	130.832	26.168	26.168	684.779	16.668
13	ene-15	146.000	154.371	1.006	155.376	-9.376	9.376	87.916	6.422
14	feb-15	116.000	146.942	0.162	147.104	-31.104	31.104	967.476	26.814
15	mar-15	139.000	119.125	-2.636	116.489	22.511	22.511	506.723	16.195
16	abr-15	137.000	136.738	-0.611	136.127	0.873	0.873	0.761	0.637
17	may-15	117.000	136.912	-0.532	136.380	-19.380	19.380	375.583	16.564
18	jun-15	149.000	118.947	-2.276	116.672	32.328	32.328	1045.127	21.697
19	jul-15	126.000	145.752	0.632	146.384	-20.384	20.384	415.515	16.178
20	ago-15	122.000	128.048	-1.201	126.847	-4.847	4.847	23.492	3.973
21	sep-15	146.000	122.487	-1.637	120.850	25.150	25.150	632.533	17.226
22	oct-15	131.000	143.473	0.625	144.098	-13.098	13.098	171.561	9.999
23	nov-15	106.000	132.316	-0.553	131.763	-25.763	25.763	663.729	24.305
24	dic-15	132.000	108.589	-2.871	105.718	26.282	26.282	690.743	19.911
25	ene-16	128.000	129.359	-0.506	128.853	-0.853	0.853	0.727	0.666
26	feb-16	118.000	128.086	-0.583	127.503	-9.503	9.503	90.299	8.053
27	mar-16	127.000	118.955	-1.438	117.517	9.483	9.483	89.930	7.467
28	abr-16	120.000	126.047	-0.585	125.462	-5.462	5.462	29.837	4.552
29	may-16	119.000	120.549	-1.076	119.473	-0.473	0.473	0.223	0.397
30	jun-16	143.000	119.047	-1.119	117.929	25.071	25.071	628.567	17.532
31	jul-16	101.000	140.481	1.136	141.617	-40.617	40.617	1649.777	40.215
32	ago-16	128.000	105.081	-2.517	102.564	25.436	25.436	646.996	19.872
33	sep-16	153.000	125.444	-0.229	125.215	27.785	27.785	771.995	18.160
34	oct-16	131.000	150.208	2.270	152.479	-21.479	21.479	461.327	16.396
35	nov-16	110.000	133.158	0.338	133.496	-23.496	23.496	552.072	21.360
					Promedio	-0.384	19.756	528.815	15.036

**Minitab:**

Suavización	exponencial	doble	para	C2
Datos	C2			
Longitud		35		
Constantes de suavización				
$\alpha$	(nivel)		0.9	
$\gamma$	(tendencia)		0.1	
Medidas de exactitud				
MAPE		15.039		
MAD		19.76		
MSD		529.067		
Tiempo	C2	Suavizar	Predecir	Error
1	130	131.244	142.438	-12.4381
2	110	111.956	129.556	-19.5558
3	157	152.151	108.508	48.4925
4	130	132.307	153.067	-23.067
5	141	140.015	131.147	9.8531
6	156	154.374	139.742	16.2583
7	136	137.956	155.564	-19.5644
8	127	128.039	137.386	-10.3859
9	162	158.453	126.533	35.4667
10	168	167.214	160.14	7.8599
11	128	132.161	169.608	-41.6081
12	157	154.381	130.81	26.1898
13	146	146.939	155.387	-9.3875
14	116	119.11	147.1	-31.1003
15	139	136.747	116.473	22.5274
16	137	136.914	136.137	0.8627
17	117	118.938	136.381	-19.3814
18	149	145.766	116.661	32.3385
19	126	128.04	146.4	-20.4
20	122	122.484	126.838	-4.8378
21	146	143.485	120.846	25.1538
22	131	132.311	144.111	-13.1109
23	106	108.576	131.757	-25.7574
24	132	129.37	105.704	26.2961
25	128	128.087	128.865	-0.8652
26	118	118.95	127.503	-9.5034
27	127	126.051	117.512	9.4881
28	120	120.547	125.467	-5.4667
29	119	119.047	119.47	-0.4702
30	143	140.493	117.928	25.0718
31	101	105.063	141.63	-40.6305
32	128	125.454	102.544	25.456
33	153	150.223	125.226	27.7736
34	131	133.149	152.494	-21.4942
35	110	112.349	133.487	-23.4865

**Gráfica:**



**Comparación:**

Excel	Minitab	Diferencia (%)
142.438	142.438	0.000
129.562	129.556	-0.008
108.519	108.508	-0.012
153.043	153.067	0.036
131.157	131.147	-0.013
139.738	139.742	0.005
155.556	155.564	0.013
137.396	137.386	-0.013
126.540	126.533	-0.009
160.123	160.140	0.028
169.602	169.608	0.009
130.832	130.810	-0.028
155.376	155.387	0.017
147.104	147.100	-0.006
116.489	116.473	-0.019
136.127	136.137	0.013
136.380	136.381	0.001
116.672	116.661	-0.012
146.384	146.400	0.023
126.847	126.838	-0.011
120.850	120.846	-0.005
144.098	144.111	0.019
131.763	131.757	-0.008
105.718	105.704	-0.015
128.853	128.865	0.016
127.503	127.503	0.001
117.517	117.512	-0.006
125.462	125.467	0.006
119.473	119.470	-0.003
117.929	117.928	-0.001
141.617	141.630	0.018
102.564	102.544	-0.020
125.215	125.226	0.014
152.479	152.494	0.024
133.496	133.487	-0.012
	Promedio	1.14E-03

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

## 5.1.15 REGRESIÓN LINEAL

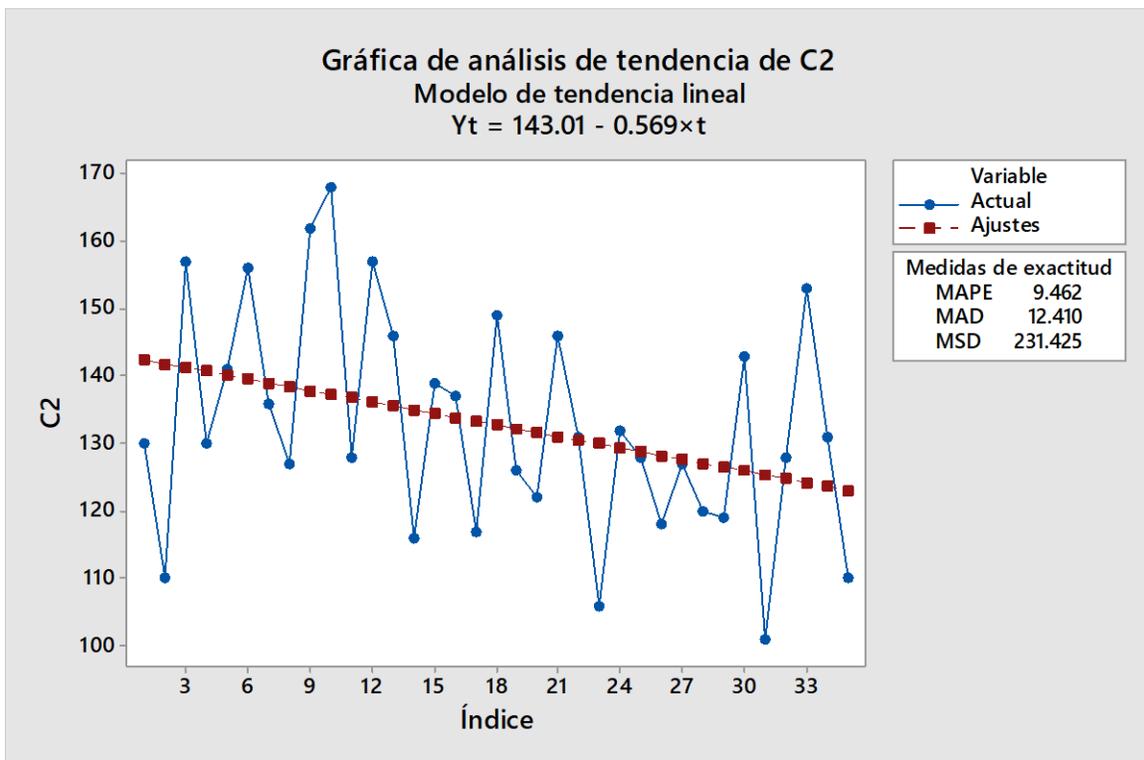
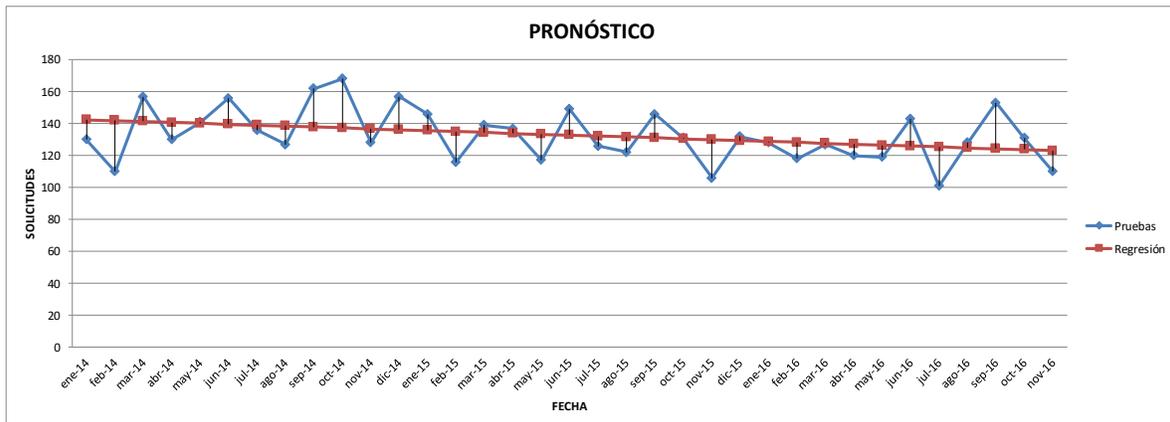
Excel:

REGRESIÓN LINEAL							
t	Fecha	Pruebas	Regresión	Error en el pronóstico	MAD	MSE	MAPE (%)
1	ene-14	130	142.438	-12	12.44	154.71	9.6
2	feb-14	110	141.869	-32	31.87	1015.66	29.0
3	mar-14	157	141.301	16	15.70	246.46	10.0
4	abr-14	130	140.732	-11	10.73	115.18	8.3
5	may-14	141	140.164	1	0.84	0.70	0.6
6	jun-14	156	139.595	16	16.41	269.13	10.5
7	jul-14	136	139.026	-3	3.03	9.16	2.2
8	ago-14	127	138.458	-11	11.46	131.28	9.0
9	sep-14	162	137.889	24	24.11	581.34	14.9
10	oct-14	168	137.320	31	30.68	941.23	18.3
11	nov-14	128	136.752	-9	8.75	76.59	6.8
12	dic-14	157	136.183	21	20.82	433.34	13.3
13	ene-15	146	135.615	10	10.39	107.86	7.1
14	feb-15	116	135.046	-19	19.05	362.75	16.4
15	mar-15	139	134.477	5	4.52	20.45	3.3
16	abr-15	137	133.909	3	3.09	9.56	2.3
17	may-15	117	133.340	-16	16.34	267.00	14.0
18	jun-15	149	132.771	16	16.23	263.37	10.9
19	jul-15	126	132.203	-6	6.20	38.47	4.9
20	ago-15	122	131.634	-10	9.63	92.82	7.9
21	sep-15	146	131.066	15	14.93	223.04	10.2
22	oct-15	131	130.497	1	0.50	0.25	0.4
23	nov-15	106	129.928	-24	23.93	572.56	22.6
24	dic-15	132	129.360	3	2.64	6.97	2.0
25	ene-16	128	128.791	-1	0.79	0.63	0.6
26	feb-16	118	128.222	-10	10.22	104.50	8.7
27	mar-16	127	127.654	-1	0.65	0.43	0.5
28	abr-16	120	127.085	-7	7.09	50.20	5.9
29	may-16	119	126.517	-8	7.52	56.50	6.3
30	jun-16	143	125.948	17	17.05	290.77	11.9
31	jul-16	101	125.379	-24	24.38	594.35	24.1
32	ago-16	128	124.811	3	3.19	10.17	2.5
33	sep-16	153	124.242	29	28.76	827.02	18.8
34	oct-16	131	123.673	7	7.33	53.68	5.6
35	nov-16	110	123.105	-13	13.10	171.73	11.9
Promedio				1.3804E-14	12.410	231.424	9.462

**Minitab:**

Análisis	de	tendencia	para	C3
Datos	C3			
Longitud		35		
Número	de	valores	faltantes	0
Ecuación	de	tendencia	ajustada	
Yt	=		143.01 -	0.569xt
Medidas de exactitud				
MAPE		9.462		
MAD		12.41		
MSD		231.425		
Eliminar				
Tiempo	C3	Tendencia	tendencia	
	1	130	142.438	-12.4381
	2	110	141.869	-31.8695
	3	157	141.301	15.6992
	4	130	140.732	-10.7322
	5	141	140.164	0.8364
	6	156	139.595	16.405
	7	136	139.026	-3.0263
	8	127	138.458	-11.4577
	9	162	137.889	24.1109
	10	168	137.32	30.6796
	11	128	136.752	-8.7518
	12	157	136.183	20.8168
	13	146	135.615	10.3854
	14	116	135.046	-19.0459
	15	139	134.477	4.5227
	16	137	133.909	3.0913
	17	117	133.34	-16.3401
	18	149	132.771	16.2286
	19	126	132.203	-6.2028
	20	122	131.634	-9.6342
	21	146	131.066	14.9345
	22	131	130.497	0.5031
	23	106	129.928	-23.9283
	24	132	129.36	2.6403
	25	128	128.791	-0.791
	26	118	128.222	-10.2224
	27	127	127.654	-0.6538
	28	120	127.085	-7.0852
	29	119	126.517	-7.5165
	30	143	125.948	17.0521
	31	101	125.379	-24.3793
	32	128	124.811	3.1894
	33	153	124.242	28.758
	34	131	123.673	7.3266
	35	110	123.105	-13.1048

**Gráficas:**



**Comparación:**

Excel	Minitab	Diferencia (%)
142.438	142.438	0.000
141.869	141.869	-0.001
141.301	141.301	0.000
140.732	140.732	0.000
140.164	140.164	0.001
139.595	139.595	0.000
139.026	139.026	0.000
138.458	138.458	0.000
137.889	137.889	0.000
137.320	137.32	-0.001
136.752	136.752	0.000
136.183	136.183	0.000
135.615	135.615	0.001
135.046	135.046	0.000
134.477	134.477	0.000
133.909	133.909	0.000
133.340	133.34	0.000
132.771	132.771	-0.001
132.203	132.203	0.000
131.634	131.634	0.000
131.066	131.066	0.001
130.497	130.497	0.000
129.928	129.928	0.000
129.360	129.36	0.000
128.791	128.791	0.000
128.222	128.222	-0.001
127.654	127.654	0.000
127.085	127.085	0.000
126.517	126.517	0.001
125.948	125.948	0.000
125.379	125.379	0.000
124.811	124.811	0.000
124.242	124.242	0.000
123.673	123.673	0.000
123.105	123.105	0.000
	Promedio	2.15E-06

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

## 5.2 CASO 2. MEDIANTE UNA PUBLICACIÓN:LIBRO .

### 5.2.1 DESCOMPOSICIÓN MULTIPLICATIVA

DESCOMPOSICIÓN MULTILPLICATIVA									
n	Fecha	Pruebas	Prom. Móvil, n=12	Media móvil centrada	Factor estacional	Índice estacional	Datos desestacionalizados	Regresión	Pronóstico
1	ene-14	189	---	---	---	0.493	383.462	390.192	192.317
2	feb-14	229	---	---	---	0.595	384.786	399.618	237.827
3	mar-14	249	---	---	---	0.595	418.517	409.043	243.363
4	abr-14	289	---	---	---	0.679	425.372	418.468	284.310
5	may-14	260	---	---	---	0.567	458.461	427.894	242.665
6	jun-14	431	---	---	---	0.991	434.811	437.319	433.486
7	jul-14	660	447.833	450.125	1.466	1.466	450.258	446.745	654.850
8	ago-14	777	452.417	455.208	1.707	1.692	459.351	456.170	771.619
9	sep-14	915	458.000	460.917	1.985	1.988	460.167	465.595	925.794
10	oct-14	613	463.833	467.208	1.312	1.306	469.308	475.021	620.461
11	nov-14	485	470.583	472.792	1.026	1.028	471.819	484.446	497.980
12	dic-14	277	475.000	480.208	0.577	0.600	461.997	493.872	296.111
13	ene-15	244	485.417	492.542	0.495	0.493	495.051	503.297	248.064
14	feb-15	296	499.667	507.292	0.583	0.595	497.365	512.722	305.140
15	mar-15	319	514.917	524.792	0.608	0.595	536.173	522.148	310.656
16	abr-15	370	534.667	540.750	0.684	0.679	544.594	531.573	361.154
17	may-15	313	546.833	551.917	0.567	0.567	551.917	540.998	306.808
18	jun-15	556	557.000	560.917	0.991	0.991	560.917	550.424	545.599
19	jul-15	831	564.833	567.083	1.465	1.466	566.916	559.849	820.642
20	ago-15	960	569.333	572.750	1.676	1.692	567.538	569.275	962.938
21	sep-15	1152	576.167	578.417	1.992	1.988	579.358	578.700	1150.693
22	oct-15	759	580.667	583.708	1.300	1.306	581.085	588.125	768.196
23	nov-15	607	586.750	589.292	1.030	1.028	590.504	597.551	614.244
24	dic-15	371	591.833	596.167	0.622	0.600	618.776	606.976	363.925
25	ene-16	298	600.500	607.708	0.490	0.493	604.612	616.402	303.811
26	feb-16	378	614.917	622.958	0.607	0.595	635.148	625.827	372.453
27	mar-16	373	631.000	640.833	0.582	0.595	626.936	635.252	377.948
28	abr-16	443	650.667	656.708	0.675	0.679	652.040	644.678	437.998
29	may-16	374	662.750	667.25	0.561	0.567	659.479	654.103	370.952
30	jun-16	660	671.750	674.66	0.978	0.991	665.836	663.529	657.713
31	jul-16	1004	677.583	---	---	1.466	684.938	672.954	986.434
32	ago-16	1153	---	---	---	1.692	681.637	682.379	1154.257
33	sep-16	1388	---	---	---	1.988	698.045	691.805	1375.591
34	oct-16	904	---	---	---	1.306	692.096	701.230	915.931
35	nov-16	715	---	---	---	1.028	695.569	710.656	730.509
36		441	---	---	---	0.600	735.526	720.081	431.740

Libro:

t	Yt	Media móvil de 12 periodos	CMA= (Trt)(clt)	(snt)(irt)= yt/(Trt)(clt)	snt	dt= yt/snt	trt	yt=(trt)(snt)
1	189	---	---	---	0.493	383.37	389.652	192.1
2	229	---	---	---	0.596	384.23	399.141	237.89
3	249	---	---	---	0.595	418.49	408.63	243.13
4	289	---	---	---	0.68	425	418.119	284.32
5	260	---	---	---	0.564	460.99	427.608	241.17
6	431	---	---	---	0.986	437.12	437.097	430.98
7	660	447.833	450.1	1.466	1.467	449.9	446.586	655.14
8	777	452.417	455.2	1.707	1.693	458.95	456.075	772.13
9	915	458	460.9	1.985	1.99	459.79	465.564	926.47
10	613	463.833	467.2	1.312	1.307	469.01	475.053	620.89
11	485	470.583	472.8	1.026	1.029	471.33	489.542	498.59
12	277	457	480.2	0.577	0.6	461.67	494.031	296.42
13	244	458.417	492.5	0.495	0.493	494.97	506.52	248.24
14	296	499.667	507.3	0.583	0.596	496.64	513.009	305.75
15	319	514.917	524.8	0.608	0.595	536.13	522.498	310.89
16	370	534.667	540.7	0.684	0.68	544.12	531.987	361.75
17	313	546.833	551.9	0.567	0.564	554.97	541.476	305.39
18	556	557	560.9	0.991	0.986	563.89	550.965	543.25
19	831	564.833	567.1	1.465	1.467	566.46	560.454	822.19
20	960	569.333	572.7	1.676	1.693	567.04	569.943	964.91
21	1152	576.167	578.4	1.992	1.99	578.89	579.432	1153.07
22	759	580.667	583.7	1.3	1.307	580.72	588.921	769.72
23	607	586.75	589.3	1.03	1.029	589.89	598.41	615.76
24	371	591.833	596.2	0.622	0.6	618.33	607.889	364.74
25	298	600.5	607.7	0.49	0.493	604.46	617.388	304.37
26	378	614.917	623	0.607	0.596	634.23	626.877	373.62
27	373	631	640.8	0.582	0.595	626.89	636.366	378.64
28	443	650.667	656.7	0.675	0.68	651.47	645.855	439.18
29	374	662.75	667.3	0.561	0.564	663.12	655.344	369.61
30	660	671.75	674.7	0.978	0.986	669.37	664.833	655.53
31	1004	677.583	---	---	1.467	684.39	674.322	989.23
32	1153	---	---	---	1.693	681.04	683.811	1157.69
33	1388	---	---	---	1.99	697.49	693.3	1379.67
34	904	---	---	---	1.307	691.66	702.879	918.55
35	715	---	---	---	1.029	694.85	712.278	732.93
36	441	---	---	---	0.6	735	712.707	433.06

**Comparación:**

Libro	Excel	Diferencia (%)
192.1	192.317	-0.113
237.89	237.827	0.026
243.13	243.363	-0.096
284.32	284.310	0.004
241.17	242.665	-0.620
430.98	433.486	-0.581
655.14	654.850	0.044
772.13	771.619	0.066
926.47	925.794	0.073
620.89	620.461	0.069
498.59	497.980	0.122
296.42	296.111	0.104
248.24	248.064	0.071
305.75	305.140	0.200
310.89	310.656	0.075
361.75	361.154	0.165
305.39	306.808	-0.464
543.25	545.599	-0.432
822.19	820.642	0.188
964.91	962.938	0.204
1153.07	1150.693	0.206
769.72	768.196	0.198
615.76	614.244	0.246
364.74	363.925	0.223
304.37	303.811	0.184
373.62	372.453	0.312
378.64	377.948	0.183
439.18	437.998	0.269
369.61	370.952	-0.363
655.53	657.713	-0.333
989.23	986.434	0.283
1157.69	1154.257	0.297
1379.67	1375.591	0.296
918.55	915.931	0.285
732.93	730.509	0.330
433.06	431.740	0.305
	<b>Promedio</b>	<b>0.056</b>

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

## **6. RESULTADOS.**

En promedio, las diferencias entre la hoja de cálculos y los recursos utilizados para hacer la comparación no exceden el 5%, por lo que la hoja de cálculo se considera validada.

## **7. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.**

PRO-XX, procedimiento para la validación de hojas de cálculo.

Hernández Nava, María del Carmen. (2018). PROCEDIMIENTO DE MEJORA DE CONTROL DE INVENTARIOS PARA UN LABORATORIO DE ANÁLISIS CLÍNICOS. Ciudad de México: TESIS UNAM.

## **8. ANEXOS.**

N/A

### ANEXO 3. EJEMPLO DE CALCULO DE NÚMERO DE PRUEBAS PARA LOS ANALITOS

<b>DIFENILHIDANTOINA</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Pruebas</b>	<b>Pruebas por controles</b>	<b>Calibradores</b>	<b>Total</b>
ene-14	52	12	66	130
feb-14	41	12	57	110
mar-14	64	36	57	157
abr-14	52	12	66	130
may-14	66	12	63	141
jun-14	57	36	63	156
jul-14	55	12	69	136
ago-14	52	12	63	127
sep-14	63	36	63	162
oct-14	87	12	69	168
nov-14	59	12	57	128
dic-14	55	36	66	157
ene-15	71	12	63	146
feb-15	47	12	57	116
mar-15	46	36	57	139
abr-15	62	12	63	137
may-15	45	12	60	117
jun-15	47	36	66	149
jul-15	45	12	69	126
ago-15	47	12	63	122
sep-15	41	36	69	146
oct-15	53	12	66	131
nov-15	34	12	60	106
dic-15	30	36	66	132
ene-16	56	12	60	128
feb-16	46	12	60	118
mar-16	28	36	63	127
abr-16	45	12	63	120
may-16	41	12	66	119
jun-16	41	36	66	143
jul-16	26	12	63	101
ago-16	47	12	69	128
sep-16	54	36	63	153
oct-16	56	12	63	131
nov-16	35	12	63	110
dic-16	10	36	66	112

<b>GH</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Pruebas</b>	<b>Pruebas por controles</b>	<b>Calibradores</b>	<b>Total</b>
<b>ene-14</b>	22	66	12	100
<b>feb-14</b>	19	57	12	88
<b>mar-14</b>	24	57	12	93
<b>abr-14</b>	24	66	12	102
<b>may-14</b>	27	63	12	102
<b>jun-14</b>	22	63	12	97
<b>jul-14</b>	15	69	12	96
<b>ago-14</b>	27	63	12	102
<b>sep-14</b>	16	63	12	91
<b>oct-14</b>	19	69	12	100
<b>nov-14</b>	12	57	12	81
<b>dic-14</b>	30	66	12	108
<b>ene-15</b>	19	63	12	94
<b>feb-15</b>	15	57	12	84
<b>mar-15</b>	22	57	12	91
<b>abr-15</b>	21	63	12	96
<b>may-15</b>	16	60	12	88
<b>jun-15</b>	43	66	12	121
<b>jul-15</b>	34	69	12	115
<b>ago-15</b>	32	63	12	107
<b>sep-15</b>	29	69	12	110
<b>oct-15</b>	42	66	12	120
<b>nov-15</b>	24	60	12	96
<b>dic-15</b>	33	66	12	111
<b>ene-16</b>	29	60	12	101
<b>feb-16</b>	31	60	12	103
<b>mar-16</b>	25	63	12	100
<b>abr-16</b>	37	63	12	112
<b>may-16</b>	25	66	12	103
<b>jun-16</b>	29	66	12	107
<b>jul-16</b>	25	63	12	100
<b>ago-16</b>	25	69	12	106
<b>sep-16</b>	26	63	12	101
<b>oct-16</b>	24	63	12	99
<b>nov-16</b>	15	63	12	90
<b>dic-16</b>	2	66	12	80

**ANEXO 4. PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV SOBRE BONDAD DE AJUSTE (Alvarez Cáceres, 1996).**

<b>PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV SOBRE BONDAD DE AJUSTE</b>	
<b>n</b>	<b><math>\alpha=.05</math></b>
1	0.97500
2	0.84189
3	0.70760
4	0.62394
5	0.56328
6	0.51926
7	0.48342
8	0.45427
9	0.43001
10	0.40925
11	0.39122
12	0.37543
13	0.36143
14	0.34890
15	0.33750
16	0.32733
17	0.31796
18	0.30936
19	0.30143
20	0.29408
21	0.28724
22	0.28087
23	0.27491
24	0.26931
25	0.26404

<b>PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV SOBRE BONDAD DE AJUSTE</b>	
<b>n</b>	<b><math>\alpha=.05</math></b>
26	0.25908
27	0.25438
28	0.24993
29	0.24571
30	0.24170
31	0.23788
32	0.23424
33	0.23076
34	0.22743
35	0.22425
36	0.22119
37	0.21826
38	0.21544
39	0.21273
40	0.21012
41	0.20760
42	0.20517
43	0.20283
44	0.20056
45	0.19837
46	0.19625
47	0.19420
48	0.19221
49	0.19028
50	0.18841
n > 50	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$

