



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Industrial

“Propuesta de un Modelo Matemático de Valoración de Inexactitud en el Registro de Inventarios (IRI) por medio de las variables que lo ocasionan en Empresas Retail.”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Autor:

Jorge Andrés Espinoza Aguirre

CI:0105786685

Correo electrónico: jorgeandresespinoza1003@gmail.com

Director:

Ing. Juan Carlos Llivisaca Villazhañay, M.Sc.

CI:0105627269

Cuenca, Ecuador

21-octubre-2021

Resumen:

Las empresas minoristas componen un sector importante para el desarrollo económico de todos los países. Este estudio busca ayudar a este sector a minimizar la brecha de inventario generada entre auditorías físicas y registros del sistema, previniendo posibles pérdidas en la empresa, pues una elevada Inexactitud en el Registro de Inventarios (IRI) cambia su valor en libros, aumentando las pérdidas económicas y brindando un mal servicio al cliente.

Este estudio está orientado al planteamiento de un modelo matemático de valoración de IRI y Diferencia entre registros, por medio de variables presentes en el entorno minorista como lo son: cantidad de venta de un artículo, el costo, el período de auditoría física, la variedad de productos, las devoluciones de productos, el precio de venta y la cantidad vendida. Estas variables, consideradas variables independientes para este estudio, además de conformar el modelo, se presentarán en orden de influencia sobre las variables dependientes previamente mencionadas.

Los resultados que se obtienen por medio de la identificación de los factores que generan IRI en este tipo de empresas, y con la posterior construcción del modelo de valoración, determinan que las variables a considerar son ventas, rotación de inventario, devoluciones de cliente y devoluciones de proveedor, siendo esta última el principal factor a considerar ya que se ha demostrado ser el factor común afectando a las dos variables dependientes de este estudio: IRI y Diferencia entre registros. Los resultados se obtuvieron luego de realizar pruebas estadísticas en el software SPSS en su versión 25.

Palabras clave: Minorista. Gestión de inventarios. Inexactitud en el registro de inventario. IRI. Diferencia entre registros. Devoluciones de productos.

Abstract:

Retail companies are part of an important sector for the economic development in every country. This study aims to help this sector to minimize the inventory breach generated between the physical audit record and the system record, avoiding possible company losses due to an elevated Inventory Record Inaccuracy (IRI), that could change the company's book value, increase its economic losses, and provide a bad customer service.

This study is oriented to build a mathematical model able to evaluate IRI and Difference between records through variables that are part of the retail environment, such as: quantity of sale of an item, cost, physical audit period, variety of products, product returns, sale price, and quantity sold. These variables are considered as independent variables for this study, and besides of being part of the mathematical model, they also will be presented in order of influence over the dependent variables previously mentioned.

The results obtained thru the identification of the factors that generate IRI in retail companies, along with the mathematical model of IRI evaluation, determine that the variables to consider are: sales, inventory rotation, customer returns, and supplier returns. The last one being the main factor to consider because it's been proved to take place in both dependent variables in this study: IRI and Difference between records. The results were obtained after performing statistical tests in the SPSS program in its 25 version.

Keywords: Retail. Inventory management. Inventory record inaccuracy. IRI. Difference between records. Product returns.



Índice del Trabajo

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 Estrategias de mitigación	14
2. MATERIALES Y MÉTODOS	16
Etapa 1. Datos: Recopilación y Estructuración	17
Etapa 2. Variables de interés: Cálculo y Clasificación	18
Etapa 3. Prueba de normalidad de datos	18
Etapa 4. Pruebas no paramétricas	18
Etapa 5. Análisis de regresión	19
Etapa 6. Construcción del modelo matemático y valoración de las variables que lo componen	19
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
3.1 Análisis de datos por categorías	27
3.1.1 Test de Normalidad de datos	27
3.1.2 Test de Kruskal-Wallis	28
3.1.3 Test de U de Mann-Whitney	30
3.2 Pruebas de Correlación: Prueba de Regresión paso a paso	38
3.2.1 <i>Modelo-Variable dependiente IRI</i>	39
3.2.2 <i>Modelo-Variable dependiente Diferencia entre registros</i>	42
4. CONCLUSIÓN	45
AGRADECIMIENTO	47
REFERENCIAS	47
ANEXOS	52
<i>Anexo 1 Variables del estudio</i>	52

Índice de Tablas

Tabla 2	Estadístico descriptivos variable: Diferencia entre registros, por bodega.	24
Tabla 3	Estadístico descriptivos variable: Diferencia entre registros, por mes.	25
Tabla 4	Tabla resumen Ítems registrados, Ítems con IRI	26
Tabla 5	Correlación Ítems registrados e Ítems IRI.	27
Tabla 6	Prueba de Lilliefors categórica por mes.	28
Tabla 7	Test Kruskal-Wallis segmentación por mes.	29
Tabla 8	Test U de Mann-Whitney septiembre-octubre.	31
Tabla 9	Tabla de rango de medias, septiembre-octubre.	32
Tabla 10	Test U de Mann-Whitney septiembre-noviembre.	33
Tabla 11	Tabla de rango de medias, septiembre-noviembre.	34
Tabla 12	Test U de Mann-Whitney octubre-noviembre.	36
Tabla 13	Tabla de rango de medias, octubre-noviembre.	37
Tabla 14	Variables que influyen a la variable dependiente IRI.	39
Tabla 15	Resumen de modelo, Variable IRI.	39
Tabla 16	Tabla de significancia ANOVA, modelo IRI.	40
Tabla 17	Tabla de coeficientes de modelo IRI.	41
Tabla 18	Variables que influyen a la variable dependiente Diferencia entre registros.	42
Tabla 19	Resumen de modelo, Variable Diferencia entre registros.	42
Tabla 20	Tabla de significancia ANOVA, modelo Diferencia entre registros.	43
Tabla 21	Tabla de coeficientes de modelo Diferencia entre registros.	44



Índice de Figuras

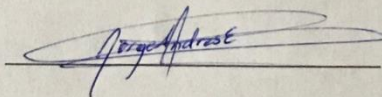
Figura 1 Registros por bodega..	20
Figura 2 Registros inventariados y Registros no inventariados.....	20
Figura 3 Registros con IRI y Registros sin IRI..	21
Figura 5 Casos IRI por mes.....	22
Figura 6 Ítems auditados por mes..	23
Figura 7 Diferencia en el registro por bodega en relación al número de casos IRI..	24
Figura 8 Diferencia en el registro por mes en relación al número de casos IRI..	25
Figura 9 Correlación Ítems Auditados y Casos IRI..	26
Figura 10 Casos IRI septiembre-octubre-noviembre..	30
Figura 11 Diferencia en el registro por mes.....	30
Figura 12 Diferencia de registro-Casos IRI por Bodega. Periodo septiembre-octubre.....	33
Figura 13 Diferencia de registro-Casos IRI por Bodega. Periodo septiembre-noviembre.....	35
Figura 14 Diferencia de registro-Casos IRI por Bodega. Periodo octubre-noviembre.....	38

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Jorge Andrés Espinoza Aguirre en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Propuesta de un Modelo Matemático de Valoración de Inexactitud en el Registro de Inventarios (IRI) por medio de las variables que lo ocasionan en Empresas Retail", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 21 de octubre de 2021



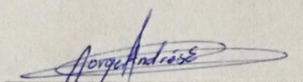
Jorge Andrés Espinoza Aguirre

C.I: 0105786685

Cláusula de Propiedad Intelectual

Jorge Andrés Espinoza Aguirre, autor/a del trabajo de titulación Propuesta de un Modelo Matemático de Valoración de Inexactitud en el Registro de Inventarios (IRI) por medio de las variables que lo ocasionan en Empresas Retail", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 21 de octubre de 2021



Jorge Andrés Espinoza Aguirre

C.I: 0105786685

1. INTRODUCCIÓN.

Desde el proyecto “Modelo de optimización para la gestión de diseño, inventarios y logística de las tiendas en el sector minorista (retail) del Azuay” Convocatoria DIUC XVIII, se ha propuesto un estudio de carácter investigativo, el cual busca plantear un modelo matemático que incluya los factores que inciden en la inexactitud de registro de inventario en empresas “retail”. Este modelo se verá validado por medio de la aplicación de datos de cuatro bodegas pertenecientes a una empresa tipo retail.

El término “retail” hace referencia al comercio minorista, cuyo objetivo es conocer las necesidades y deseos de su mercado objetivo y orientar a las empresas hacia la satisfacción de las mismas de forma más eficiente que sus competidores (Quintero Arango, 2015). El desarrollo del sector retail a nivel país presenta varios beneficios, en Ecuador permite contribuir al incremento del índice del Producto Interno Bruto (PIB) por medio de los volúmenes de comercialización, de igual manera permite la formalización de las actividades comerciales, lo que a su vez genera una mayor recaudación tributaria por facturación (Villacís Cárdenas, 2018). El sector retail de igual manera contribuye a la generación de empleos, y de acuerdo al censo del año 2010 registra 442.339 personas ocupadas en los distintos campos de comercialización de retail, el 42% pertenecen a las actividades de venta de alimentos, bebidas y tabaco; 26% a otras actividades de comercio al por menor y el 11% a prendas de vestir, calzado y artículos de cuero (Peña & Pinta, 2012).

Al ser un sector que contribuye al país en distintos aspectos, es natural que presente un crecimiento como lo asegura La Revista Líderes (2019) en un artículo donde menciona que el Ecuador presentó un crecimiento anual de 1,3% incrementando sus ventas de USD15.727 millones a USD 16.863 millones. De igual manera, la revista Ekos (2018) realizó un ranking con datos de la Superintendencia de Compañías Valores y Seguros en su base del sector societario 2017, que mantiene un registro de 65 mil empresas, de las cuales las 1.000 más grandes representan el 66,7% del total de los ingresos, y determinó que el sector con mayor crecimiento fue el de comercio, donde se encuentra incluido el sector retail, que pasó de representar el 37% (2016) al 40,7% (2017), con un ingreso promedio de USD 80,4 millones.

Al haber una gran parte de la población dedicada a este sector, las investigaciones acerca de la gestión y mejora de factores relevantes a retail son temas de interés. En cuanto a las investigaciones acerca de la gestión del sistema de inventarios, se pueden encontrar investigaciones sobre la inexactitud del registro del mismo, investigaciones a nivel nacional como las de Cueva Enriquez (2016), Merlo (2020), Mohd Razali & Bee Wah (2011), y Walsh & Möhring (2017), mientras que a nivel internacional se cuenta con los aportes de Bruccoleri et al. (2014), Chen & Mersereau (2015), DeHoratius & Raman (2008), Ishfaq & Raja (2019), Kök & Shang (2014), Kwak & Gavirneni (2015), Liu et al. (2015), Nayak et al. (2015), y L.-H. Zhang et al. (2018).

A nivel nacional, Cueva Enriquez, (2016) menciona en su estudio que se trabajó en una propuesta de un Sistema Administrativo y Contable, que sirva como herramienta de mejoramiento continuo, en el Área de inventarios de una empresa. El autor explica que la empresa en cuestión no realiza auditorías físicas de sus ítems, por lo que se genera inventario obsoleto. Se concluye primero, que el inventario es un factor clave para la productividad, y que requiere de un manejo adecuado para enfrentar de manera eficiente las exigencias de la demanda, además se señala que no existe una adecuada codificación para el inventario generando confusión en cuanto a la identificación y ubicación en bodega. Finalmente, se plantea la implementación de nuevas políticas que abarquen los procesos de: pedido, compra, almacenaje, rotación del inventario en la bodega, de ventas y devolución de mercaderías. En este estudio si bien se plantean políticas como medida de contraste, no existe una acción directa que permita hacer frente a la brecha generada por el IRI evidenciada en los inventarios obsoletos.

Otro estudio plantea una mejora de la exactitud del registro de inventarios de una bodega de repuestos. Merlo (2020), presentó diagnósticos iniciales de los meses de interés, donde determina por medio de un diagrama de Ishikawa las falencias correspondientes a las 6M's del método. Destacan la falta de capacitación e inexperiencia de los empleados, falta de control, una mala distribución de bodega, y un método erróneo de registro de materia prima. Tras analizar el valor económico de las bodegas, y el nivel de rotación de inventarios, se plantea controlar el sistema por medio de conteos cíclicos de manera categórica. De igual manera, este estudio no trata de manera directa el tema de inexactitud de registro de inventarios, sin embargo, plantea medidas que ayudarán a la reducción de la brecha de inventario, enfocándose en el orden durante el registro, e implementando un sistema de control más eficaz que permita al personal a cargo de los inventarios capacitarse y proveer un mejor servicio a la empresa.

Mera Castro (2018) por su parte propone un método de control de inventario para disminuir la pérdida de producto terminado. Plantea a la reducción de pérdida de producto terminado como variable dependiente, mientras que el control de inventarios actúa como variable independiente. El plan de mejora propuesto consiste en un control de inventarios mensual, llevar un registro de los productos que se han dado de baja, y la creación de un manual de funciones y responsabilidades enfocado en las actividades de almacenamiento y despacho. Este estudio contrarresta las pérdidas aumentando la frecuencia de auditorías físicas, sin embargo, no menciona un sistema de registro que permita conocer la diferencia que existe entre estos registros, es decir, no se puede conocer el nivel de desfase a través del indicador IRI para llevar un mejor control.

En cuanto a la aplicación de tecnologías, el estudio de Samudio Echeverría (2018), tiene como objetivo incrementar la rentabilidad de la empresa como consecuencia de la aplicación de un sistema de identificación por radio

frecuencia (RFID) sobre sus productos, aumentando los niveles de reposición, reduciendo horas suplementarias y reduciendo mermas. El proyecto busca tener datos reales de inventario para que el personal pueda realizar la reposición oportuna de producto, aumentando las ventas de ítems que pudiesen quedarse sin stock. Por medio del empleo de etiquetas, se podrán manifestar los hurtos a tiempo y se lograría un monitoreo permanente del inventario reduciendo las mermas. Al usar etiquetas RFID en una empresa tipo retail que se dedica a la venta y compra de productos de consumo masivo se reduce el IRI debido al monitoreo constante de los productos que lleven la misma. A pesar de esto, el uso de estas etiquetas se ve limitado ya que como menciona L. H. Zhang et al. (2018), el costo de emplear las mismas es alto y puede causar un gasto total elevado debido a la gran cantidad de productos.

Dentro de los trabajos internacionales relacionados al IRI se encuentran estudios que señalan sus posibles causas, como Hardgrave et al. (2013), que señala que la discrepancia que representa el IRI se produce de dos maneras: el registro de inventario del sistema puede exagerar el inventario de la tienda, indicando erróneamente más artículos disponibles de los que realmente hay, resultando en una falta de existencias debido a una reposición insuficiente. En el otro caso, el inventario subestimado causa un inventario excesivo en la tienda porque los registros de inventario del sistema muestran menos artículos en existencia de los que están realmente presentes, lo que provoca reabastecimientos innecesarios en la tienda. Si esta discrepancia no se corrige a tiempo, DeHoratius & Raman (2008) indica que la discrepancia puede afectar hasta un 65% de los ítems de una tienda.

Los errores de inventario disminuyen el rendimiento de las tiendas mucho más rápido que antes. Los autores Gallino & Moreno (2012), y Kök & Shang (2014) mencionan que el IRI incluso en niveles bajos, daña el rendimiento operativo de un minorista y su reputación con los consumidores por la disponibilidad del producto. Cuando las tiendas retrasan la corrección de errores de inventario, la acumulación de efectos negativos de estos errores es lo suficientemente fuerte, que Ishfaq & Raja (2019) aclara que añadir inventario para justificar la brecha de error no recuperará la pérdida correspondiente de inventario.

Los estudios internacionales presentan de igual manera, medidas para contrarrestar la brecha representada por IRI, como es el caso de Ishfaq & Raja (2019) donde señala que el problema de inexactitud en el registro de inventarios se puede corregir por medio del conteo físico del inventario. Sin embargo, Bruccoleri et al. (2014) argumenta que llevar un registro manual aumenta la carga de trabajo y crea un ambiente de trabajo de alta presión que conduce a niveles más altos de error de los empleados relacionados con el almacenamiento, el recuento y la selección del inventario. Teniendo esto en consideración, Kwak & Gavirneni (2015) plantea que los requerimientos de altos costos y extenso trabajo han hecho que las auditorias de rutina de inventario tengan un enfoque poco práctico para minoristas, dejándolos con pocas

opciones más que esperar por la información de la auditoría financiera anual para corregir errores de inventario. Pero esta tardanza en la corrección de los registros de inventario resulta en limitados beneficios operacionales lo que termina en un pobre desempeño de la tienda. Es aquí donde el uso de tecnologías de identificación aparece como alternativa.

Existen tecnologías como: códigos de barras o sistemas RFID que se emplean frente a IRI, pues Chen & Mersereau (2015) considera que parte de la respuesta frente a la inexactitud parece ser una mejor visibilidad y control del entorno de la tienda, y esto se puede lograr aplicando tecnologías modernas para la recopilación de datos en la tienda, así como tecnologías de la información para capturar, almacenar y analizar datos de estas fuentes. Estas tecnologías ofrecen visibilidad a un nivel de detalle más granular y una escala de tiempo más fina presentándose como una clara opción para disminuir el IRI. Sin embargo, este tipo de tecnologías cuentan también con desafíos a tener en cuenta el momento de considerar su aplicación, Nayak et al. (2015) menciona que se podrían emplear fácilmente etiquetas duplicadas para proporcionar información incorrecta o se podría romper el algoritmo de seguridad o modificar el mensaje resultando en una falla que los minoristas no se pueden permitir.

El sistema RFID es muy discutido como una forma efectiva de resolver problemas de ubicación incorrecta mediante el seguimiento de artículos ya que suministra información de inventario en tiempo real (L. H. Zhang et al., 2018). De acuerdo con el mismo autor, el costo de este sistema se identificó durante mucho tiempo como una barrera para la adopción de RFID, ya que, aunque una sola etiqueta RFID es barata, el costo de etiquetado puede causar un gasto total costoso debido a la gran cantidad de productos. Nayak et al. (2015) señala que el volumen de ítems es por lo tanto un factor a tener en cuenta para determinar la viabilidad de la tecnología, pues el costo promedio de una etiqueta RFID es de alrededor de 30 a 40 centavos si el volumen no es lo suficientemente grande. Así mismo, el autor indica que, si se pretende aplicar RFID a productos económicos o de bajo precio podría impactar de manera significativa el costo del ítem final, y es por esta razón que se debe analizar el retorno de la inversión y beneficio neto al invertir el costo adicional en el sistema existente.

Otro enfoque frente a la inexactitud son los modelos de inventario inteligentes, que tienen en cuenta la inexactitud de los registros y pueden recuperar un fracción significativa de los beneficios de visibilidad sin una sustancial inversión en tecnologías de seguimiento (Chen & Mersereau, 2015). Dentro de estos modelos DeHoratius & Raman (2008) sugieren una política de reabastecimiento miope y una heurística para la activación dinámica de inspecciones, y concluyen que la solución inteligente logra una compensación de servicio-inventario que captura una parte sustancial de los beneficios de la solución de visibilidad total. K  k & Shang (2007) proponen por su parte, un estudio enfocado en el reabastecimiento conjunto y la inspección dinámica, resultando en un modelo en

el que los errores son aditivos, tienen media cero, donde el proceso de error se desacopla de los niveles de inventario.

Las políticas internas se presentan como otra alternativa para el control de IRI, las cuales se pueden aplicar dependiendo la modalidad de trabajo de cada caso. Kök & Shang (2014) proponen una política de inspección coordinada que pretende mejorar la gestión de un caso de cadena de suministro en serie. Por su parte Chuang (2015) indica que por medio de modelos Bayesianos se puede determinar la reposición de inventario, utilizando la información de ventas como señal del nivel de inventario.

De igual manera existen métodos que actualmente se utilizan para el registro de inventario, como es el caso del modelo de conteo cíclico empleado por Fathoni et al. (2019), así como el protocolo de registro tipo árbol o el protocolo de identificación de etiquetas perdidas basada en filtros de ranuras, ambos mencionados por Liu et al. (2015), y de esta manera poder apoyar a las empresas mejorando su rentabilidad por medio del control efectivo de inventarios.

En el pasado, la falta de disponibilidad de datos IRI detallados había sido una limitación práctica para la investigación fundamentada en esta área. Esta situación según menciona Ishfaq & Raja (2019), restringió los estudios de indagación que emplearon métodos de simulación y análisis numérico para usar estimaciones generales o configuraciones arbitrarias para las variables IRI. Los estudios existentes presentan alternativas que deberán ser revisadas para su aplicación considerando todas sus características. Los modelos existentes para registro y control de inventario presentan desventajas en factores de costo, como es el caso de las tecnologías de radio frecuencia. Otro factor a considerar es la precisión en el registro, el cual se puede ver afectado al emplear modelos de registro digital y que se pueden corregir en su mayoría con auditorías físicas de los productos. Finalmente, el factor del tiempo, que afectaría el planteamiento del modelo de auditorías físicas, a diferencia de los modelos de identificación por radio frecuencia que realiza el registro del inventario en un menor intervalo de tiempo.

La importancia de este estudio radica en que los minoristas puedan planificar estrategias de mitigación de acuerdo con los factores identificados, reduciendo en consecuencia el impacto del IRI en la rentabilidad de la empresa. Para esto se elaborará un modelo matemático que permita conocer las variables en cuestión, su influencia sobre IRI y sobre la diferencia entre registros. Este estudio dará como resultado el modelo matemático aplicado a dos variables: IRI y Diferencia entre registros, para poder observar y realizar una comparativa entre los mismos, permitiendo proporcionar conclusiones más sólidas acerca del estudio. El modelo será validado por medio de los datos proporcionados por una empresa minorista, donde se realizará un análisis de estadísticos descriptivos de los registros históricos de la empresa, con el fin de conocer de manera general el comportamiento de las bodegas durante los meses de interés.

El cálculo de la primera variable dependiente de este estudio se efectuará realizando un conteo de los casos de inexactitud, comparando los registros del sistema ERP con los registros de auditorías físicas, teniendo un total de casos IRI general por bodega. Una vez se obtenga el valor total de casos por bodega, se llevará a cabo el conteo categórico del número de casos con IRI para poder obtener el indicador por categoría aplicando la fórmula correspondiente. El cálculo para la segunda variable dependiente del estudio, diferencia entre registros, será únicamente empleando los valores por categoría de registros en auditorías físicas y registros en el sistema. De manera similar, se realizará el cálculo del índice de rotación de inventarios empleando los datos obtenidos del inventario a final del mes, así como los datos de los abastecimientos de la empresa. Con la ayuda del software SPSS (versión 25) se llevarán a cabo test de normalidad y pruebas no paramétricas que permitirán, con la ayuda del mismo software estadístico, plantear el modelo matemático por medio de una prueba de regresión. Como complemento, el software Atlas. Ti en su versión 8.4.22 será empleado para la recopilación y clasificación de información correspondiente.

1.1 Estrategias de mitigación.

Al ser el resultado final de este estudio, un modelo matemático, se pretende que los minoristas puedan determinar los factores que influyen en la variabilidad del IRI en las empresas retail, e incluso jerarquizarlos desde los factores con menos impacto hasta aquellos con mayor impacto. Esto último, con el objetivo de determinar los métodos y herramientas que permitirán una reducción del impacto de los factores con mayor incidencia, y, en consecuencia, reducir el IRI.

Teniendo en cuenta que los factores presentados por el modelo y a su vez validados por medio de los datos proporcionados por la empresa minorista local, son: el número de devoluciones de los clientes, número de devoluciones al proveedor, número de ventas, y rotación de inventario, se prioriza el factor de devoluciones ya que en las dos variables dependientes a las cuales se les aplicó el modelo, resultó que se repite este factor, influyendo directamente en el registro de inventario. Al plantear el modelo de ecuaciones en base a dos variables dependientes, se encontró que en el modelo que presenta la variable dependiente IRI su coeficiente es de $1.79E-4$, mientras que en el modelo que presenta la variable dependiente Diferencia de registro su coeficiente es de 71.152, en ambos casos siendo la segunda variable más influyente sobre su respectiva variable dependiente. En general se puede asumir que esta influencia nace del manejo de la empresa retail sobre las devoluciones y su respectivo registro en el ERP.

El IRI generado por las devoluciones puede ser mitigado de varias maneras dependiendo de la capacidad de la empresa en cuestión y del entorno de la misma. Un manejo apropiado de las devoluciones de productos es considerado un aspecto clave para el éxito en las empresas. Esta correcta gestión se consigue con una planificación adecuada y métodos competentes que hagan frente a situaciones de incertidumbre, complementados por tecnología actual,

mejor asignación de personal, y una comunicación eficiente. Los pronósticos y metodologías lean en el manejo de devoluciones de producto, como menciona Vinod & Sudhi, (2019) proponen abordar esta incertidumbre por medio de un método de pronóstico sobre la tasa de devoluciones de productos. Se sabe que una gran cantidad de devoluciones alteran el IRI, provocando a su vez un alto costo, toma una gran cantidad de tiempo, y asigna más trabajo a los empleados de las tiendas, ya que muchas veces los productos retornados no regresan en las mismas condiciones en las que se los envió. El término Lean warehousing es mencionado por estos autores, haciendo alusión a prácticas lean dentro de los almacenes, con el objetivo de minimizar las actividades sin valor agregado desde el punto de vista de los consumidores, generando también una eficiencia dentro de la cadena de suministro.

Dailey & Ülkü, (2018) mencionan por su parte, la creación y aplicación de políticas de devoluciones de productos, donde proponen una serie de condiciones que se pueden aplicar con el objetivo de reducir los retornos de productos. Sin embargo, mencionan que se debe analizar las mismas ya que una gran variedad de políticas puede causar confusión en los clientes, y políticas de retorno muy restrictivas por su parte, podrían representar un daño en el comportamiento del consumidor. En su estudio muestran que cuando los consumidores tienen una alta expectativa de poder devolver con éxito un producto y se les niega la devolución en comparación con cuando tienen una expectativa baja y se les niega la devolución, experimentan un aumento de las actitudes negativas hacia el minorista. También se menciona que se deberá ser claro sobre las políticas a emplear, sobre todo en aquellas que involucren un horizonte de tiempo para las devoluciones, pues si el minorista permite que un cliente devuelva un producto dentro de un horizonte de devolución más largo durante las vacaciones, el consumidor puede comenzar a esperar este horizonte más largo durante todo el año. Finalmente, se deberá delimitar los productos sobre los cuales se aplicarán dichas políticas para evitar confusión en su aplicación. Este estudio maneja políticas de retorno de productos, a la vez que juega con las expectativas de los clientes. Las políticas a implementarse deberán ser sobre aquellos productos con mayor índice de retorno, y deberán ser especificadas de manera clara para evitar futuros conflictos.

Otra alternativa de mitigación es la integración del proceso de devoluciones en la cadena de suministro, que de acuerdo a Mostert et al., (2017), se basa en la mejora de flujo de información dentro de la empresa, para que de esta manera se reduzca la cantidad de devoluciones a los proveedores, se acelere el proceso de devolución en casos específicos, y se aceleren los procesos. De igual manera, se su estudio planteó una integración orientada al proveedor para reducir volúmenes de devolución. Se propone una comunicación entre empresas más eficiente, implementando la capacidad de rastrear y agilizar devoluciones específicas, así mismo, se analiza la posibilidad de que los proveedores actúen sobre problemas específicos que podrían desencadenar un aumento en las devoluciones. En cuanto a las medidas a tomar directamente con los

consumidores el autor, menciona que los minoristas deben asegurarse que el personal esté capacitado para ayudar a los clientes a escoger los productos correctos para así reducir el volumen de devoluciones por parte de los mismos. El concepto de compartir información con el cliente permitirá que el mismo conozca de mejor manera el producto que está adquiriendo, se puede incluso implementar un sistema de valoración de productos, o resaltar las características más importantes, métodos de uso, entre otros, sobre los productos que mayor tasa de retorno presenten. El estudio en general lo que propone es un sistema de información compartido entre proveedores y minoristas, así como entre minoristas y consumidores. Se busca de esta manera, que una gestión correcta de las devoluciones de productos contribuya al proceso de contención de costes, afectando positivamente la rentabilidad de la empresa.

Como otra estrategia de mitigación enfocada a las devoluciones, Shang et al., (2019) indica que es lapso permitido para las misma, ya que tras analizar el efecto que tiene el tiempo permitido de retorno de productos, así como la implementación de programas de asistencia al consumidor para reducir la tasa de devoluciones de productos, su estudio demuestra que tanto la madurez de los productos, como la variedad de los mismos tienden a ser asociados negativamente con la probabilidad de devolución. Finalmente, los autores Walsh & Möhring, (2017), comparan los efectos producidos por las garantías de devolución de dinero en caso de retorno de productos, y, las reseñas de productos, y como era de esperarse, indican que el cliente se siente respaldado con las garantías de devolución de dinero, por lo que la tasa de devoluciones aumenta. Las reseñas de productos por su parte, disminuye la tasa de devolución pues se está informando al consumidor lo que está adquiriendo con mayor detalle.

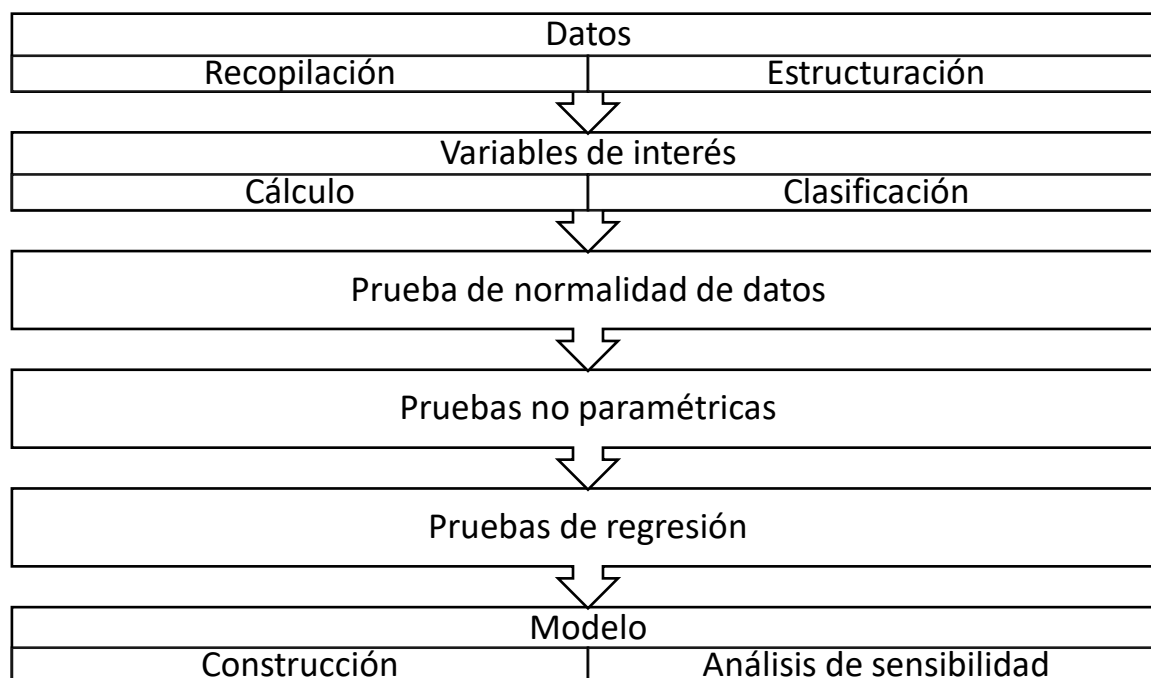
Es evidente que el IRI provoca errores en el inventario y, como resultado, disminuye el rendimiento de la tienda. Se han presentado algunas propuestas para abordar este tema; sin embargo, este estudio pretende identificar por medio de la elaboración de un modelo matemático, los principales factores que afectan al IRI en un entorno retail. Este trabajo tiene como objetivo establecer un modelo matemático de valoración de IRI para identificar y disminuir el impacto de los factores que generan inexactitudes en empresas retail, para lograrlo se plantea contestar las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son los factores que influyen en la variabilidad del IRI en las empresas retail? ¿Son estos factores manejables en las empresas retail?

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

El objetivo general de la tesis consiste en establecer un modelo matemático de valoración de IRI para identificar y disminuir el impacto de los factores que generan inexactitudes en empresas retail, por este motivo la construcción del modelo matemático consta de seis etapas, las cuales se encuentran graficadas en la tabla 1. De igual manera al desarrollar el modelo en base a una empresa

minorista, cada etapa del desarrollo del modelo se encuentra validados por medio de los datos de la empresa en cuestión, correspondientes a la situación de cuatro bodegas, durante los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre de 2020, y enero y febrero de 2021.

Tabla 1 Etapas para la construcción del modelo.



Fuente: Elaboración propia.

Etapas 1. Datos: Recopilación y Estructuración.

La primera etapa para la construcción del modelo matemático es obtener una fuente de datos sobre el inventario de una empresa minorista, sobre todo registros de auditorías físicas, así como inventarios registrados en sistema. Es importante adquirir la mayor cantidad de variables en relación al manejo de los inventarios, durante un periodo determinado.

Una vez se obtienen los datos, se hace un filtrado puesto que al ser IRI la variable sobre la cual se desarrollará el modelo matemático a construir, entonces se filtrarán aquellos datos que no posean ya sea el registro físico de inventario o el registro en sistema. Posterior a esto con el fin de agrupar las transacciones, se ha realizado una categorización de los datos con ayuda del programa Microsoft Excel en su versión 2106. Los campos de interés planteados son: nombre del producto sobre el cual se efectuó la transacción, la fecha en la que se realizó la misma, el código del producto, la categoría general a la que pertenece el mismo, la tienda en la cual se efectuó la transacción, el costo de adquisición del producto, el precio de venta al público, el número de ítems vendidos por transacción, así como su equivalente en dinero. Una vez organizada la información dentro de los

campos de interés, se sumaron las ventas de cada ítem, así como su equivalente en dinero para de esta manera tener un total por ítem para cada una de las bodegas en cada mes de estudio. El mismo procedimiento se siguió en cuanto a devoluciones de clientes, devoluciones de proveedor y registros de auditorías físicas.

Etapas 2. Variables de interés: Cálculo y Clasificación.

En esta etapa se calculan las variables dependientes, y sobre las cuales se diseñará el modelo del estudio. La primera variable a calcular es la variable IRI, para su cálculo se cuenta con las variables casos de inexactitud, resultado de comparar los registros del sistema ERP con los registros de auditorías físicas. Si los registros no coinciden, entonces se trata de un caso de inexactitud, caso contrario el registro se encuentra correcto. Una vez se obtiene el valor total de casos por bodega, se realiza el conteo categórico del número de casos con IRI para poder obtener el indicador por categoría aplicando la fórmula correspondiente. La variable IRI se calculó siguiendo la siguiente fórmula:

$$IRI = \frac{\text{Registros con error}}{\text{Registros totales}} \times 100$$

De manera similar, se realizó el cálculo del índice de rotación de inventarios empleando los datos obtenidos del inventario a final del mes, así como los datos de los abastecimientos de la empresa, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Rotación de Inventarios} = \frac{\text{Ventas}}{\text{Inventario promedio}}$$

Etapas 3. Prueba de normalidad de datos.

Para la tercera etapa en la construcción del modelo, se realiza la prueba de normalidad de datos ANOVA, con el objetivo de determinar si las varianzas de la población se ajustan a un modelo paramétrico, y son iguales dentro de valores límite que permitirían asumir una distribución normal de los datos como se señala en (Kim & Cribbie, 2018). Las pruebas a emplearse en las siguientes etapas dependerán del resultado de este estudio.

Etapas 4. Pruebas no paramétricas.

El tipo de prueba a llevar a cabo en esta etapa del desarrollo del modelo dependen de los resultados de la etapa anterior, pues se deberá trabajar en pruebas paramétricas y no paramétricas según sea el caso. Estas pruebas se realizan a manera de un análisis longitudinal, para determinar si existe diferencias significativas sobre los registros de inventario a lo largo de los meses en estudio, es decir, determinar si existen valores a tomar en cuenta que puedan indicar una posible ruta de acción, o si el modelo se puede construir de manera general.

El test de Kolmogórov-Smirnov se ajusta a muestras superiores a 50 datos por lo tanto es el test a emplear para determinar si los datos siguen una distribución específica o no, contrastando de esta manera la hipótesis nula planteada como menciona Mohd Razali & Bee Wah, (2011). Sin embargo, para esta prueba se utiliza el test de Lilliefors, una variación del Test de Kolmogorov-Smirnov, debido a que esta permite estimar los parámetros en función de la muestra sin necesidad de conocer la distribución de los datos.

Una vez culminado el análisis, se ha empleado la prueba U de Mann-Whitney, que según MacFarland & Yates, (2016) permite comparar dos muestras independientes cuando existen diferencias entre el número de datos entre las mismas. La prueba se ha realizado para complementar el análisis anterior, y con el objetivo de realizar un análisis transversal entre las bodegas durante los meses que presentaron diferencias significativas en sus medianas.

Etapas 5. Análisis de regresión.

La quinta etapa dentro de la construcción del modelo consiste en una regresión paso a paso, cuyo propósito de acuerdo a Johnsson, (1992) es describir, predecir o revelar relaciones entre variables y seleccionar de una lista de variables, las más relevantes. Se ingresa por lo tanto las variables dependientes e independientes en el software SPSS y solo las variables que causan impacto en la variable dependiente son consideradas significativas y ordenadas de manera particular respondiendo al nivel de influencia sobre esta.

Etapas 6. Construcción del modelo matemático y valoración de las variables que lo componen.

La etapa final de la elaboración del modelo consiste en la generación como tal del modelo matemático predictivo empleando las variables con mayor impacto, es así como se utilizan las tablas generadas por el estudio de regresión completado en la etapa anterior, y a partir de las mismas se asignan coeficientes a las variables ingresadas en el modelo. De igual manera, por medio de la tabla correspondiente al análisis ANOVA generado en la última etapa, se comprueba la validez del modelo y se genera la ecuación final. El modelo se encuentra validado por medio del empleo de los datos proporcionados por una empresa retail local.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El modelo final es desarrollado a continuación empleando los datos de la empresa retail para su validación.

Para poder construir el modelo siguiendo lo mencionado en la etapa 1, se ha estructurado una base de datos, y en una primera etapa se analizaron estadísticos descriptivos de los 521.405 registros históricos de la empresa, con el fin de conocer de manera general el comportamiento de las bodegas durante

los meses de interés. En la figura 1 se muestra el número de registros que cada una de las bodegas posee.

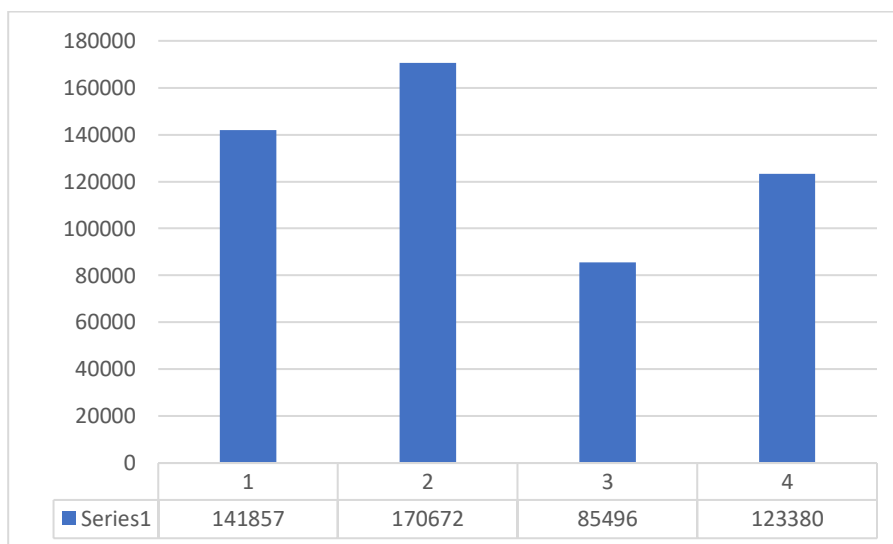


Figura 1 Registros por bodega. Fuente: Elaborado por el autor.

En total resultaron en 57.214 transacciones agrupadas bajo estos criterios.

Con la base de datos estructurada los siguientes análisis fueron posibles. La figura 2 nos muestra que, de los 57.214 registros acumulados, únicamente el 31% de estos se encuentra inventariados, es decir, existen 17.651 registros que cuentan con auditoría física. Es así como se aplica un primer filtro a los registros obtenidos, ya que únicamente los registros que cuentan con auditorías físicas son los de interés para este estudio.



Figura 2 Registros inventariados y Registros no inventariados.

Fuente: Elaborado por el autor.

El segundo filtro aplicado al estudio se muestra en la figura 3, donde se indica que la diferencia entre los registros que presentan IRI y los registros que no lo

presentan es de 2%, lo que quiere decir que del total de registros inventariados (17.651), 8.636 registros no presentaron iguales cantidades en el inventario registrado por el sistema ERP y en las auditorías físicas. Se considera un porcentaje elevado tomando en cuenta la cantidad de registros inventariados. Se debe mencionar que se trabajará a partir de este momento con los 8.636 registros correspondientes al 49% de la muestra inventariada, ya que presentan IRI, variable objetivo dentro de este trabajo, para los análisis estadísticos que correspondan.

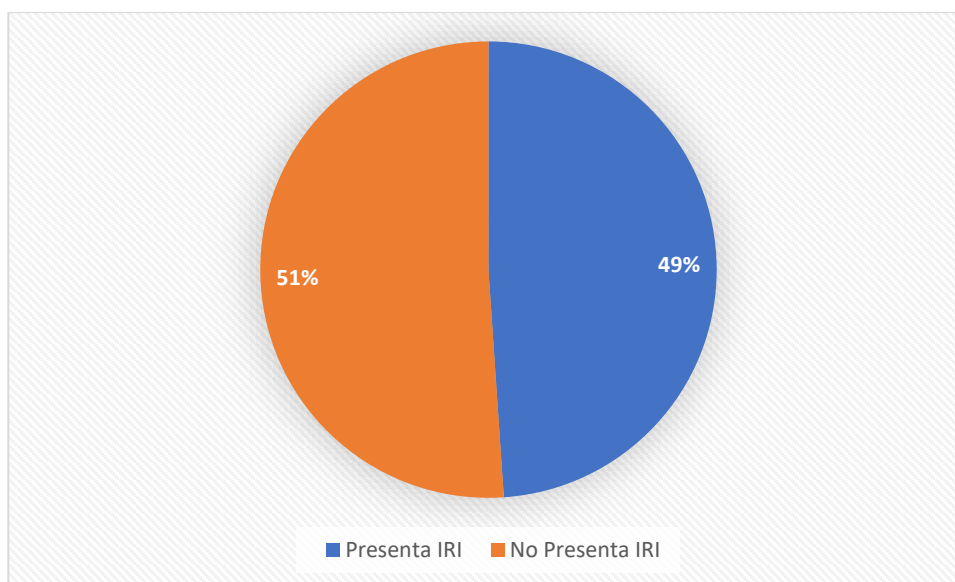


Figura 3 Registros con IRI y Registros sin IRI. Fuente: Elaborado por el autor.

La figura 4 representa a los casos IRI que se presentaron en cada bodega participante en el estudio durante el periodo de análisis. En la figura 4 se puede observar que la bodega 1 es la ubicación que presenta mayor inconveniente con el registro de inventarios, seguida de la bodega 2. Al ser pequeña la diferencia entre los casos presentados entre estas dos bodegas, en un primer análisis se consideran estas como ubicaciones a analizar para encontrar el porqué de estas cantidades. Sin embargo, con análisis de otras variables esta definición preliminar se rectificará o se alterará.

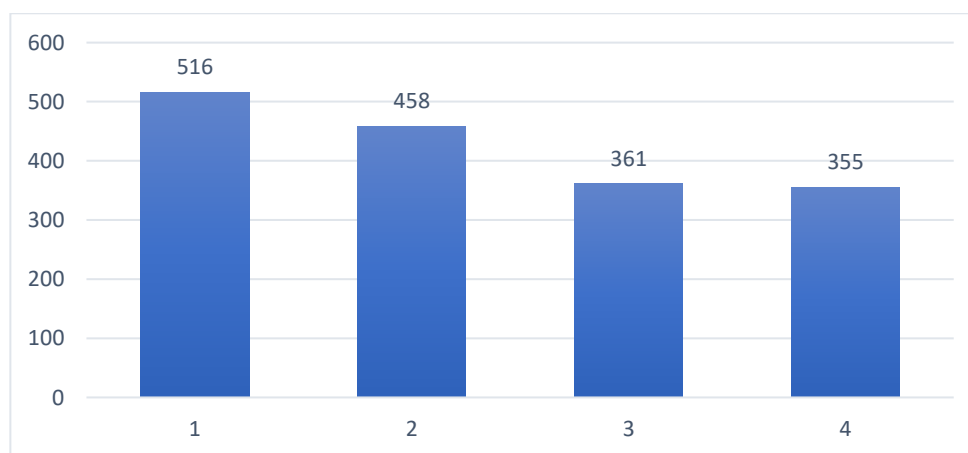


Figura 4 Casos IRI por bodega. Fuente: Elaborado por el autor.

La figura 5 presenta el análisis de casos IRI en cada mes donde se llevó a cabo la recolección de datos, donde es evidenciable el aumento de casos en los meses de diciembre de 2020, y enero de 2021.

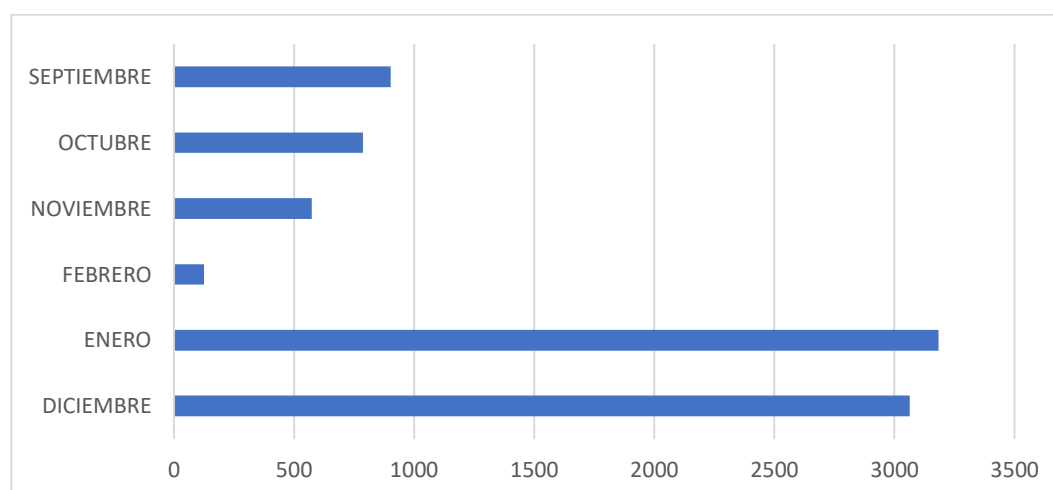


Figura 5 Casos IRI por mes. Fuente: Elaborado por el autor.

Los meses de diciembre y enero tienen un aumento considerable de los casos IRI, sin embargo, el aumento está justificado debido a que el número de ítems auditados en los meses de diciembre 2020 y enero 2021 fueron de 6.871 y 6.558 respectivamente mientras que, para los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2020, los valores fueron 1.385, 1.225, y 1.476 respectivamente, como se observa en la figura 6.

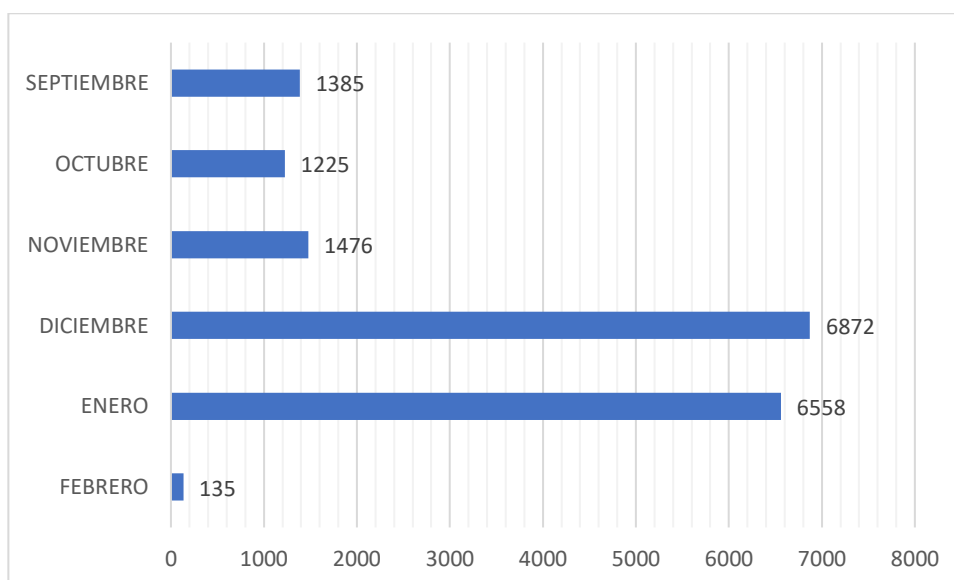


Figura 6 Ítems auditados por mes. Fuente: Elaborado por el autor.

El aumento de auditorías a su vez está justificado ya que se debe a políticas de la empresa, donde se estipula que realizan una auditoría física general al concluir el año calendario como método de control de su inventario tanto en tiendas como en bodega. Una vez aclarado los datos sobre los cuales se trabajará y que validarán el modelo matemático, se procede con los análisis respectivos.

Se trabaja únicamente con el 49% de los registros, ya que son aquellos que presentan IRI. Siendo así, los estudios estadísticos iniciales se realizaron tomando en cuenta la variable de diferencia entre registros, variable que representa la diferencia entre las auditorías físicas y el registro en el sistema ERP. Esta relación permite determinar si la diferencia en el inventario va acorde a la cantidad de registros IRI correspondientes al mismo periodo o bodega, o si existe alguna anomalía que permita marcar el camino a seguir. Los análisis realizados a continuación permitirán determinar si el modelo se deberá aplicar de manera específica a cada bodega, o si se puede plantear de manera general.

Siendo así, se ha presentado la figura 7, misma que muestra la diferencia que existe entre los registros por bodega va acorde a la cantidad de casos IRI presentados en cada una de ellas. Se puede analizar, por una parte, la diferencia entre registros más importante se encuentra en la bodega 2, esto lo corrobora la tabla 2 de estadísticos descriptivos que presenta una sumatoria de esta variable de 189722.055. Sin embargo, esta bodega tiene una cantidad de casos con inexactitud elevada por lo que el nivel de diferencia se mantiene acorde al mismo. Adicionalmente, se evidencia que la bodega 4 posee una diferencia de registro superior al número de casos con inexactitud registrados, y la tabla nos indica que la mediana más alta corresponde a esta bodega con un valor de 81.16522, por lo que se deberá analizar categóricamente el desarrollo de esta bodega a través del tiempo.

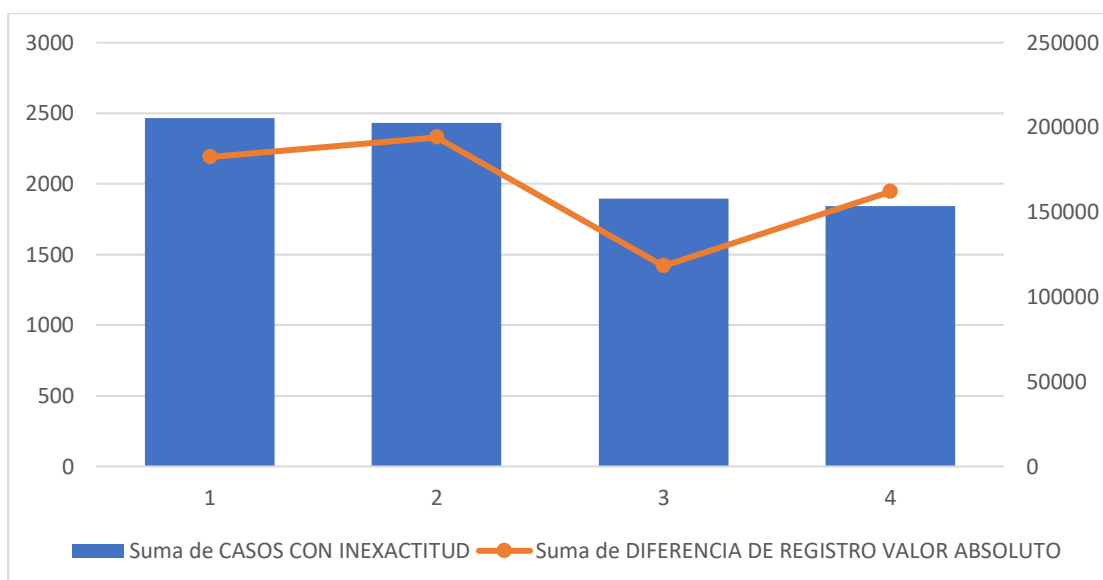


Figura 7 Diferencia en el registro por bodega en relación al número de casos IRI. Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 2 Estadístico descriptivos variable: Diferencia entre registros, por bodega.

Estadísticos Descriptivos				
BODEGA		N	Suma	Mediana
1	DIFERENCIA_REGISTRO	2467	177698.828	72.03033
2	DIFERENCIA_REGISTRO	2433	189722.055	77.97865
3	DIFERENCIA_REGISTRO	1894	109734.264	57.93784
4	DIFERENCIA_REGISTRO	1842	149506.340	81.16522

Fuente: Elaborado por el autor.

Por su parte, la figura 8 muestra que diciembre 2020 si bien tiene un número elevado de casos IRI, esta no presenta una diferencia acorde a los mismos. Esta diferencia quiere decir que, si bien se presentaron varios casos durante las auditorías físicas, estos fueron casos donde las diferencias entre los registros variaron poco. La mediana obtenida para el mes de diciembre es mucho menor a la obtenida por el mes de enero, que acorde a la tabla 3 de estadísticos descriptivos es de 183.24, considerando que el número de casos de ambos meses son elevados.

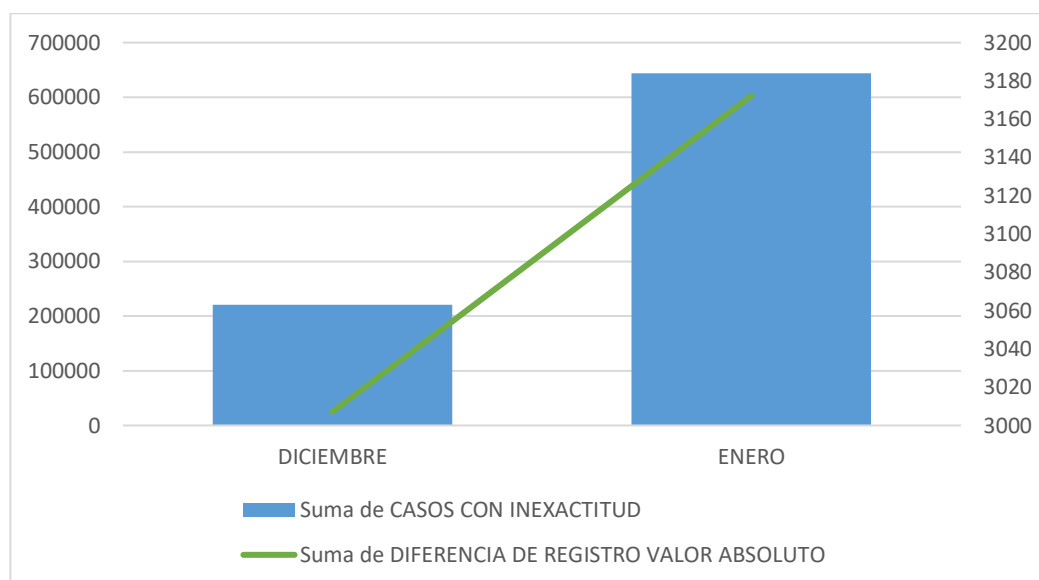


Figura 8 Diferencia en el registro por mes en relación al número de casos IRI. Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 3 Estadístico descriptivos variable: Diferencia entre registros, por mes.

Estadísticos Descriptivos				
MES		N	Suma	Mediana
ENERO	DIFERENCIA_REGISTRO	3184	583449.003	183.24403
FEBRERO	DIFERENCIA_REGISTRO	125	-638.435	-5.10748
SEPTIEMBRE	DIFERENCIA_REGISTRO	903	13088.456	14.49441
OCTUBRE	DIFERENCIA_REGISTRO	787	10190.542	12.94859
NOVIEMBRE	DIFERENCIA_REGISTRO	574	4760.007	8.29270
DICIEMBRE	DIFERENCIA_REGISTRO	3063	15811.914	5.16223

Fuente: Elaborado por el autor.

La relación entre estas variables, Casos IRI e Ítems auditados por mes, se comprueba a través de una prueba de correlación de Pearson. Para desarrollar la prueba se toma como variable independiente a los Ítems auditados por mes, mientras que para la variable dependiente se toma el número de casos IRI por mes. La tabla 4 resume los valores correspondientes a cada variable. Se plantea

la hipótesis nula, no existe relación, y la hipótesis alterna, sí existe relación. Se considera un nivel de confianza del 95%.

Tabla 4 Tabla resumen Ítems registrados, Ítems con IRI

AÑO	MES	ITEMS REGISTRADOS	ITEMS IRI
2021	ENERO	6558	3184
2021	FEBRERO	135	125
2020	SEPTIEMBRE	1385	903
2020	OCTUBRE	1225	787
2020	NOVIEMBRE	1476	574
2020	DICIEMBRE	6872	3063

Fuente: Elaborado por el autor.

La gráfica presenta una correlación lineal positiva como se observa en la figura 7, por lo que se puede asumir que si existe una relación entre las dos variables.

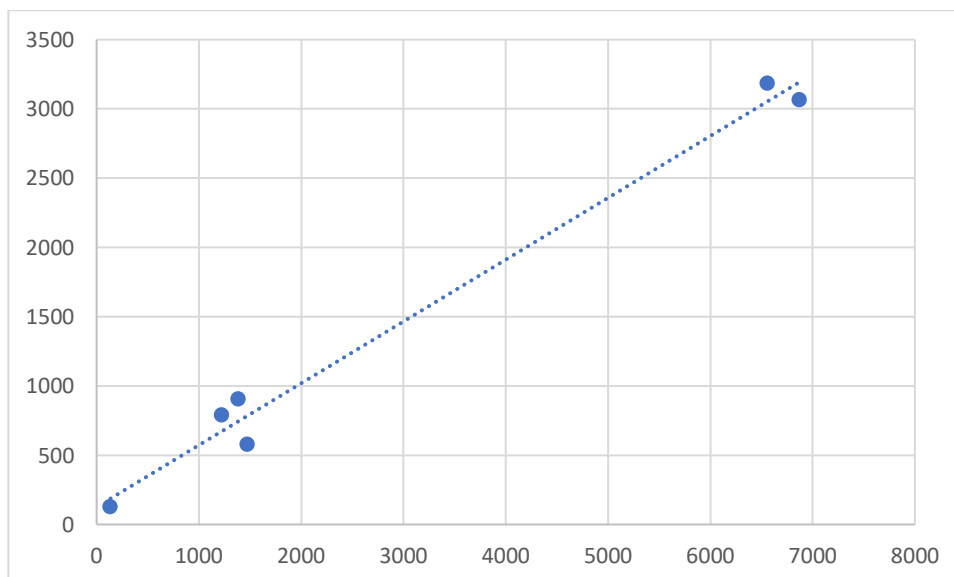


Figura 9 Correlación Ítems Auditados y Casos IRI. Fuente: Elaborado por el autor.

La hipótesis ha sido comprobada con el análisis estadístico a través del software estadístico SPSS (versión 25), donde se presenta una correlación de Pearson positiva de 0.993. Adicionalmente el valor p (0.000070) < 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Esto indica que las variables se correlacionan directamente, como se ve en la tabla 5.

Tabla 5 Correlación Ítems registrados e Ítems IRI.

Correlaciones			
		ITEMS_REGISTRADOS	ITEMS_IRI
ITEMS_REGISTRADOS	Correlación de Pearson	1	.993**
	Sig. (2-colas)		0.00006959995
	N	6	6
ITEMS_IRI	Correlación de Pearson	.993**	1
	Sig. (2-colas)	0.00006959995	
	N	6	6

Fuente: Elaborado por el autor.

3.1 Análisis de datos por categorías.

Una vez realizado los registros de manera general, se plantea un análisis tomando en cuenta las 36 categorías con las que se maneja la empresa, para así determinar que categorías manejan mayores inexactitudes en el registro de inventarios en la empresa. Cada categoría abarca un catálogo de productos por lo que las diferencias detectadas en los mismos serán representadas de manera general por su categoría con el fin de que los datos sean más fáciles de analizar. Cabe mencionar que, de las 36 categorías, solo 33 presentan casos IRI. Como primer paso se realizó la segmentación de los datos por mes, bodega y categorías pertinentes, con el objetivo de poder obtener y comparar resultados.

3.1.1 Test de Normalidad de datos.

En cuanto a la segmentación por mes se realizó el test de normalidad de datos para determinar si la distribución de los mismos pertenecía a una distribución normal y recurrir a pruebas paramétricas para la definición de resultados iniciales. Se plantea la hipótesis nula, la distribución de la variable en cuestión proviene de una distribución normal, y una hipótesis alterna, considera que los valores no pertenecen a una distribución normal. Como se puede observar en la tabla 6 la significancia de las variables de interés es menor al p-valor o nivel de significancia del estudio (0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula o la hipótesis de igualdad. Se toma en cuenta los resultados arrojados por la prueba de Lilliefors ya que la muestra de datos es superior a 50 y no se especifica el valor esperado ni la varianza de la distribución. Este resultado quiere decir que los datos no siguen una distribución normal, y por lo tanto no pueden ser tratados con pruebas paramétricas.

Tabla 6 Prueba de Lilliefors categórica por mes.

Test de Normalidad				
MES		Kolmogorov-Smirnov ^a		
		Estadístico	df	Sig.
ENERO	IRI	0.259	3184	0.000
	COSTO	0.241	3184	0.000
FEBRERO	IRI	0.263	125	0.000
	COSTO	0.279	125	0.000
SEPTIEMBRE	IRI	0.230	841	0.000
	COSTO	0.265	841	0.000
OCTUBRE	IRI	0.276	727	0.000
	COSTO	0.261	727	0.000
NOVIEMBRE	IRI	0.287	554	0.000
	COSTO	0.225	554	0.000
DICIEMBRE	IRI	0.272	3063	0.000
	COSTO	0.249	3063	0.000

a. Corrección de significancia de Lilliefors

Fuente: Elaborado por el autor.

3.1.2 Test de Kruskal-Wallis

Al corresponder un análisis no paramétrico, se plantea un test inicial de Kruskal-Wallis para determinar si los datos provienen de una misma población, es decir comprobar si las muestras de datos obtenidos de las bodegas que participan en el estudio están distribuidas igualmente. Se plantea la hipótesis nula que plantea que las medianas de la población son iguales, mientras que la hipótesis alterna plantea que al menos una mediana es diferente. Teniendo en cuenta el nivel de significancia de la prueba o p-valor (0.05) se obtienen los análisis mostrados en la tabla 7.

Al aplicar el test dentro de la segmentación por mes se obtiene que las diferencias entre algunas de las medianas son estadísticamente significativas como para rechazar la hipótesis nula; ya que los p-valores de septiembre (0.000016), octubre (0.002434), y noviembre (0.017574), son menores al nivel de significancia (0.05) como se observa en la tabla. Los resultados permiten determinar qué meses poseen medianas diferentes dentro del periodo de tiempo que comprende el estudio, siendo posible indicar que algunas bodegas presentaron mayor nivel de inexactitud frente a otras; provocando que la diferencia entre bodegas por mes sea considerable. El análisis da paso a un estudio por bodegas de manera transversal por los meses de septiembre, octubre y noviembre para determinar los valores de inexactitud más elevados y de esta manera poder determinar las causas de los mismos.

Tabla 7 Test Kruskal-Wallis segmentación por mes.

Estadísticas de la prueba ^{a,b}		
MES		IRI
Enero	Kruskal-Wallis H	0.391
	df	3
	Asymp. Sig.	0.942029
Febrero	Kruskal-Wallis H	2.031
	df	1
	Asymp. Sig.	0.154152
Septiembre	Kruskal-Wallis H	24.933
	df	3
	Asymp. Sig.	0.000016
Octubre	Kruskal-Wallis H	14.377
	df	3
	Asymp. Sig.	0.002434
Noviembre	Kruskal-Wallis H	10.120
	df	3
	Asymp. Sig.	0.017574
Diciembre	Kruskal-Wallis H	0.497
	df	3
	Asymp. Sig.	0.919491

a. Test Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Bodega

Fuente: Elaborado por el autor.

Con los resultados obtenidos analizamos los gráficos obtenidos pertenecientes a las variables de IRI y diferencia de registro de inventario, siendo esta última la variable que recoge la cantidad en que se diferencia el inventario real frente al inventario ingresado en el sistema. En la figura 10 se puede observar que, de los tres meses segmentados en el análisis Kruskal Wallis, el mes de septiembre es aquel que más casos IRI presenta con 903 casos, seguido del mes de octubre con 787 casos, y finalmente el mes de noviembre con 574 casos IRI.

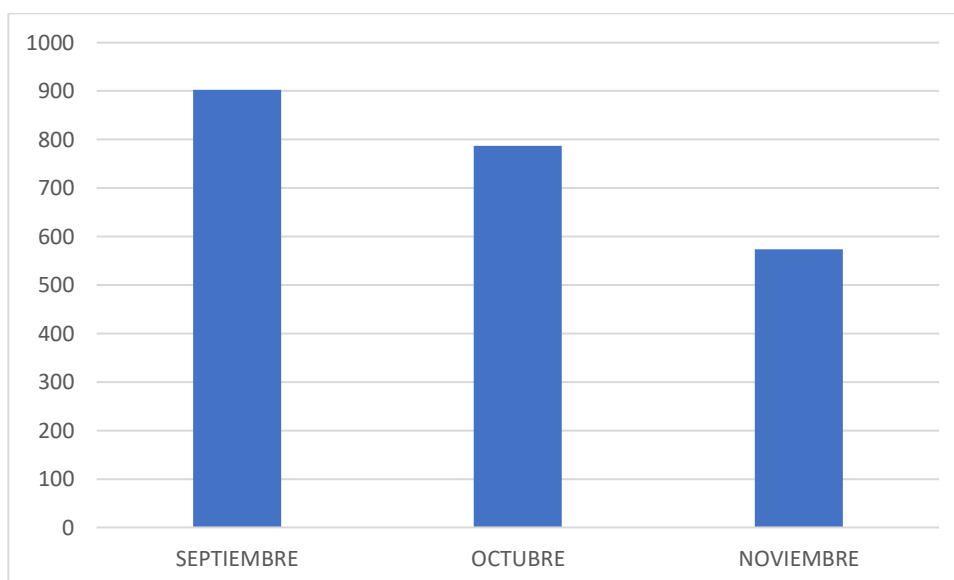


Figura 10 Casos IRI septiembre-octubre-noviembre. Fuente: Elaborado por el autor.

De igual manera es el orden para la segunda variable graficada, la diferencia en el registro de inventarios presentada en la figura 11 donde se observa que los valores van acorde al número de casos del mes correspondiente.

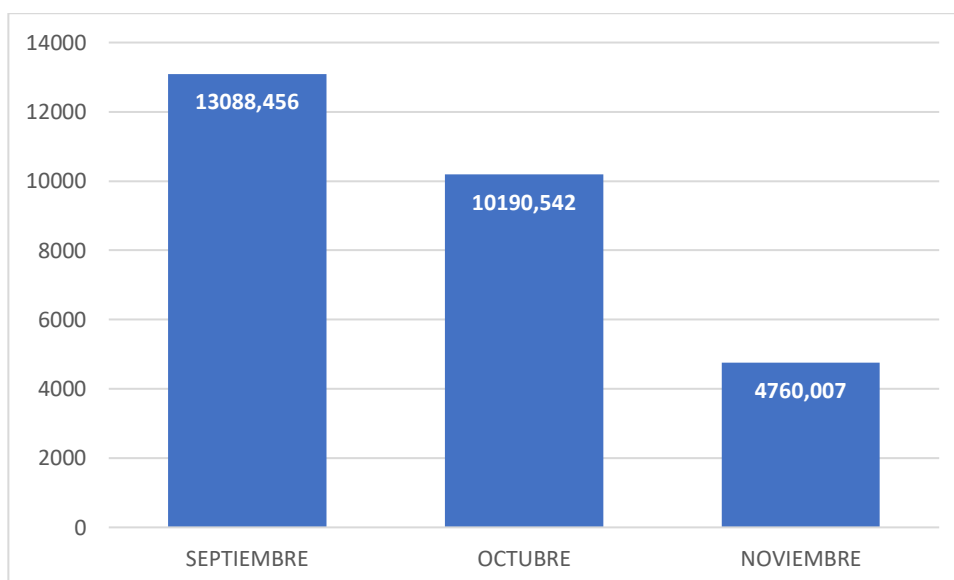


Figura 11 Diferencia en el registro por mes. Fuente: Elaborado por el autor.

3.1.3 Test de U de Mann-Whitney.

Una vez se determinó los meses en los cuales existen diferencias entre las medias de la variable de interés de las bodegas que participan en el estudio, se requiere realizar un análisis que permita determinar en específico que bodegas presentan dichas diferencias y el nivel de variación de los valores de la variable del estudio. Se presenta en este las hipótesis correspondientes al test de U de Mann-Whitney, donde la hipótesis nula plantea que no existen diferencias estadísticamente

significativas dentro de la población, mientras que la hipótesis alterna menciona que existen diferencias significativas en la población.

Septiembre-octubre. Al aplicar el test U de Mann-Whitney a los meses de septiembre y octubre a través de las cuatro bodegas que participan en el estudio se determina en un inicio que la bodega 2 es la bodega cuyo valor de significancia es menor al nivel de significancia del estudio (0.05), como se observa en la tabla 8; lo que permite rechazar la hipótesis de homogeneidad y por ende aceptar que existe diferencias en la media de la variable en estudio frente al resto de bodegas durante el mismo periodo de tiempo.

Tabla 8 Test U de Mann-Whitney septiembre-octubre.

Estadísticas de la prueba ^a		
BODEGA		IRI
1	Mann-Whitney U	31307.000
	Wilcoxon W	63438.000
	Z	-1.175
	Asymp. Sig. (2- colas)	0.240
2	Mann-Whitney U	22853.000
	Wilcoxon W	46289.000
	Z	-2.330
	Asymp. Sig. (2- colas)	0.020
3	Mann-Whitney U	13503.000
	Wilcoxon W	22018.000
	Z	-1.591
	Asymp. Sig. (2- colas)	0.112
4	Mann-Whitney U	14645.500
	Wilcoxon W	32411.500
	Z	-1.096
	Asymp. Sig. (2- colas)	0.273
a. Variable de agrupación: MES		

Fuente: Elaborado por el autor.

La bodega 2 resulta con diferencias entre medias más representativas que las diferencias entre medias del resto de bodegas como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9 Tabla de rango de medias, septiembre-octubre.

Rangos					
BODEGA			N	Rango Mediana	Suma de Rangos
1	SEPTIEMBRE		263	265.96	69948.00
	IRI	OCTUBRE	253	250.74	63438.00
2	SEPTIEMBRE		242	243.07	58822.00
	IRI	OCTUBRE	216	214.30	46289.00
3	SEPTIEMBRE		231	187.55	43323.00
	IRI	OCTUBRE	130	169.37	22018.00
4	SEPTIEMBRE		167	184.30	30778.50
	IRI	OCTUBRE	188	172.40	32411.50

Fuente: Elaborado por el autor.

Sin embargo, la bodega 2 no es la que mayor media presenta; la bodega 1 presenta los valores más altos de medias de todas las bodegas. Adicionalmente, se observa en la figura 12 que permite relacionar el número de casos IRI frente a la variable que representa la diferencia entre registros. Esta relación debe ser acorde la una de la otra, no obstante, en el mes de septiembre la bodega 3 que, si bien no es la bodega con mayoría de casos con inexactitud en este periodo de tiempo, 231, si es la locación que presenta mayor diferencia de registro, 5313.75, frente al resto de bodegas. En el caso del mes de octubre, la bodega 1 presenta los valores más altos tanto en la variable de casos con inexactitud (253), como en la variable de diferencia de registro de inventario (5612.786). De estas relaciones se pueden suponer que dentro de estas bodegas la variación entre el inventario real y el registrado en el sistema es grande, que los artículos que a su vez presentaron esa variación sufrieron pérdidas representativas tomando en cuenta el número de casos expuestos.

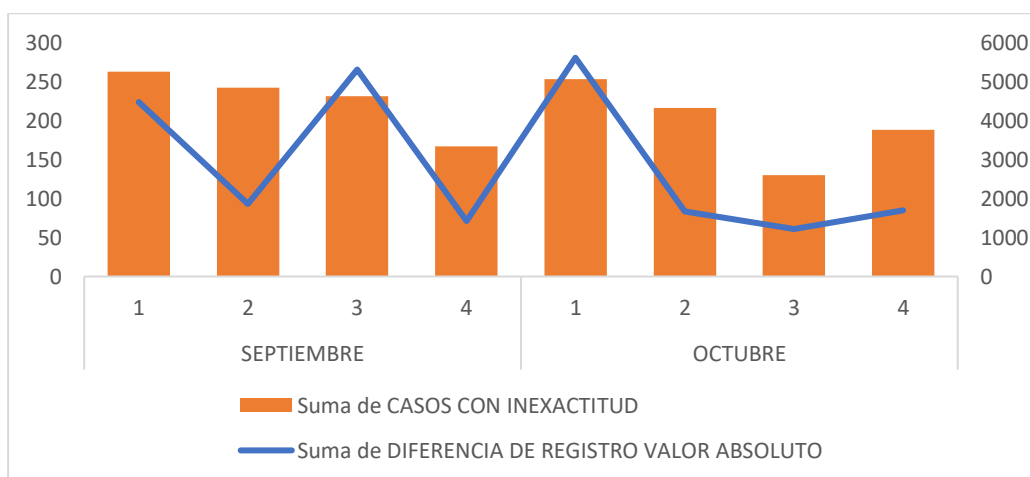


Figura 12 Diferencia de registro-Casos IRI por Bodega. Periodo septiembre-octubre. **Fuente:** Elaborado por el autor.

En síntesis, si bien los resultados del test de U de Mann-Whitney presentan a la bodega 2 como aquella bodega que permite aceptar que existe diferencias en la media de la variable en estudio frente al resto de bodegas durante el mismo periodo de tiempo, no es la bodega a tomar en consideración, pues los estadísticos reflejados en las gráficas presentan a las bodegas 1 y como aquellas bodegas en las que se debe realizar un análisis más a fondo para determinar los factores que pudiesen estar ligados al incremento de los valores IRI.

Septiembre-noviembre. Al aplicar el test U de Mann-Whitney a los meses de septiembre y noviembre a través de las cuatro bodegas que participan en el estudio se determina que la bodega 3 es la bodega cuyo valor de significancia es menor al nivel de significancia del estudio (0.05) como se muestra en la tabla 10; lo que permite rechazar la hipótesis nula y por ende aceptar que existe diferencias en la mediana de la variable en estudio frente al resto de bodegas durante el mismo periodo de tiempo.

Tabla 10 Test U de Mann-Whitney septiembre-noviembre.

Estadística de la prueba ^a		
BODEGA		IRI
1	Mann-Whitney U	31286.000
	Wilcoxon W	61176.000
	Z	-0.492
	Asymp. Sig. (2-colas)	0.623
2	Mann-Whitney U	17918.500
	Wilcoxon W	30008.500

	Z	-0.752
	Asymp. Sig. (2- colas)	0.452
	Mann-Whitney U	5025.000
	Wilcoxon W	6565.000
3	Z	-2.414
	Asymp. Sig. (2- colas)	0.016
	Mann-Whitney U	9817.500
	Wilcoxon W	17077.500
4	Z	-0.295
	Asymp. Sig. (2- colas)	0.768

a. Variable de agrupación: MES

Fuente: Elaborado por el autor.

De igual manera el resultado se explica debido a que al ser una serie de datos que no cumple con los parámetros de normalidad, el estadístico de prueba es la mediana, por lo tanto, la bodega 3 resulta con diferencias entre medias más representativas que las diferencias entre medias del resto de bodegas como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11 Tabla de rango de medias, septiembre-noviembre.

Rangos					
BODEGA		N	Rango de Median	Suma de rangos	
1	SEPTIEMBRE	263	257.04	67602.00	
	IRI NOVIEMBRE	244	250.72	61176.00	
2	SEPTIEMBRE	242	202.46	48994.50	
	IRI NOVIEMBRE	155	193.60	30008.50	
3	SEPTIEMBRE	231	149.25	34476.00	
	IRI NOVIEMBRE	55	119.36	6565.00	
4	SEPTIEMBRE	167	145.21	24250.50	
	IRI NOVIEMBRE	120	142.31	17077.50	

Fuente: Elaborado por el autor.

Si analizamos la bodega 3 frente al resto de bodegas se puede observar que no es la que mayor media presenta; una vez más la bodega 1 presenta los valores más altos de medias de todas las bodegas. La figura 13 permite relacionar el número de casos IRI frente a la variable que representa la diferencia entre registros. En el mes de septiembre, la bodega 3 presenta un número de casos IRI elevado y la variable que representa la diferencia que existió en esos casos muestra un valor que es aún mayor a esta primera variable. De esta relación se puede suponer que dentro de esta bodega la variación entre el inventario real y el registrado en el sistema es grande, que los artículos que a su vez presentaron esa variación sufrieron pérdidas representativas tomando en cuenta el número de casos que presentó. En el mes de noviembre por su parte, no existen relaciones significativas entre las variables presentes en todas las bodegas que participan en el estudio, por lo que se concluye que el manejo del inventario a nivel general tuvo una considerable mejora frente a los meses anteriores.

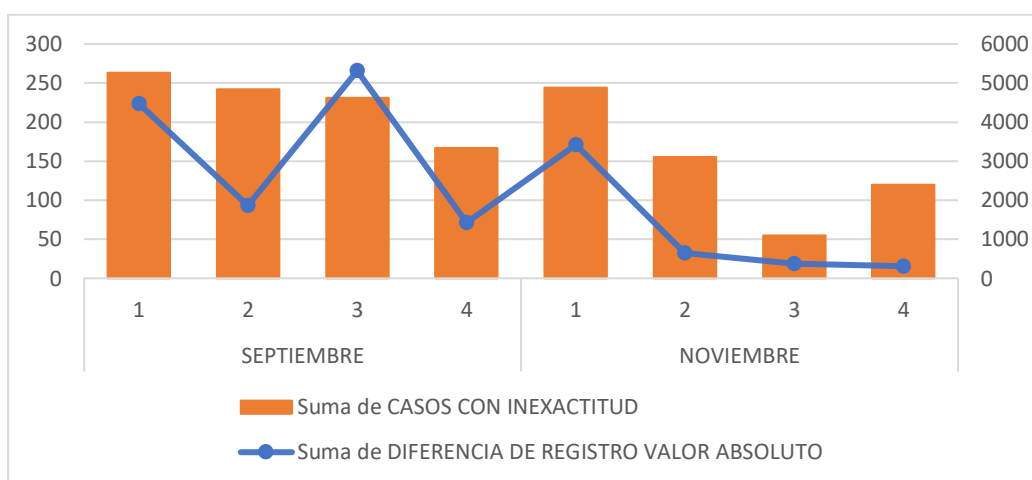


Figura 13 Diferencia de registro-Casos IRI por Bodega. Periodo septiembre-noviembre. Fuente: Elaborado por el autor.

Octubre-noviembre. Aplicando el test a los meses de octubre y noviembre a través de las cuatro bodegas que participan en el estudio se determina en un inicio que todas las bodegas tienen un valor de significancia es mayor al nivel de significancia del estudio (0.05) como se muestra en la tabla 12; lo que permite aceptar la hipótesis de homogeneidad y por ende rechazar que existe diferencias en la media de la variable en estudio frente al resto de bodegas durante el mismo periodo de tiempo.

Tabla 12 Test U de Mann-Whitney octubre-noviembre.

Estadísticas prueba U de Mann-Whitney ^a		
BODEGA		IRI
1	Mann-Whitney U	29719.000
	Wilcoxon W	61850.000
	Z	-0.728
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0.466
2	Mann-Whitney U	14797.000
	Wilcoxon W	38233.000
	Z	-1.914
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0.056
3	Mann-Whitney U	3274.500
	Wilcoxon W	4814.500
	Z	-0.904
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0.366
4	Mann-Whitney U	10630.500
	Wilcoxon W	28396.500
	Z	-0.860
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0.390
a. Grouping Variable: MES		

Fuente: Elaborado por el autor.

De igual manera el resultado se explica debido a que al ser una serie de datos que no cumple con los parámetros de normalidad, el estadístico de prueba es la mediana, por lo tanto; cada bodega presenta variaciones cercanas en las medianas en relación a las demás. Esto indica que en los meses de octubre y noviembre el rango de variación de las medianas de los datos analizados se mantuvo similar como se ve en la tabla 13.

Tabla 13 Tabla de rango de medias, octubre-noviembre.

Rangos					
BODEGA			N	Mediana de Rangos	Suma de Rangos
1	IRI	OCTUBRE	253	244.47	61850.00
		NOVIEMBRE	244	253.70	61903.00
2	IRI	OCTUBRE	216	177.00	38233.00
		NOVIEMBRE	155	198.54	30773.00
3	IRI	OCTUBRE	130	95.31	12390.50
		NOVIEMBRE	55	87.54	4814.50
4	IRI	OCTUBRE	188	151.05	28396.50
		NOVIEMBRE	120	159.91	19189.50

Fuente: Elaborado por el autor.

La bodega 1 presenta los valores más altos de medias de todas las bodegas, y se puede observar en la figura 14, que la diferencia es considerablemente mayor a las demás bodegas, por lo que se puede asumir en comparación a las gráficas anteriores, que el manejo de inventario en las bodegas: 2,4, y sobre todo en la bodega 3 ha mejorado, pues sus valores de medianas disminuyeron permitiendo observar la diferencia frente a la bodega 1. Gráficamente, el mes de octubre presenta a la bodega 1 como aquella bodega en la que un número de casos IRI elevado es superado por la variable que representa la diferencia que existió en esos casos muestra un valor que es aún mayor a esta primera variable. De esta relación se puede suponer que dentro de esta bodega la variación entre el inventario real y el registrado en el sistema es grande, que los artículos que a su vez presentaron esa variación sufrieron pérdidas representativas tomando en cuenta el número de casos que presentó. En el mes de noviembre por su parte, no existen relaciones significativas entre las variables presentes en todas las bodegas que participan en el estudio, por lo que se concluye que el manejo del inventario a nivel general tuvo una considerable mejora frente a los meses anteriores.

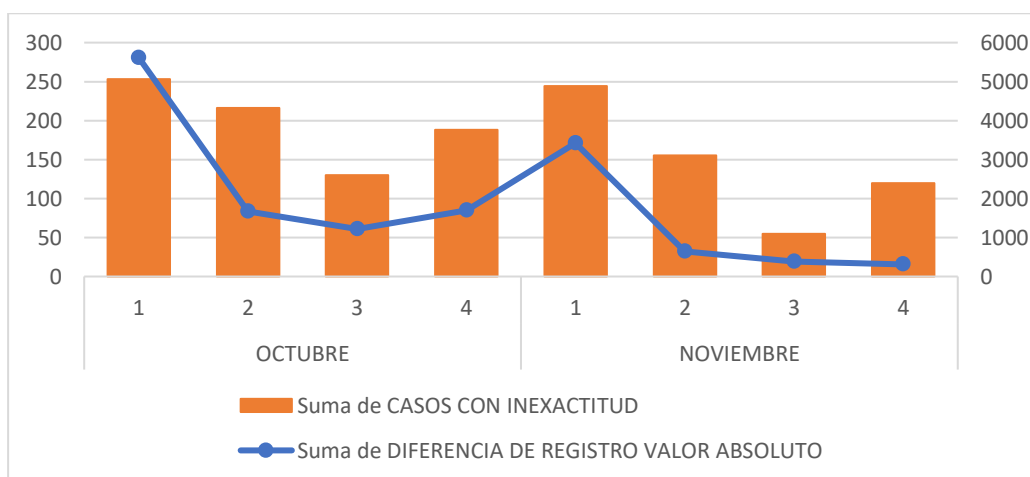


Figura 14 Diferencia de registro-Casos IRI por Bodega. Periodo octubre-noviembre. Fuente: Elaborado por el autor.

Después de los resultados del análisis categórico se determina que el modelo matemático puede ser desarrollado de manera general para la empresa, ya que si bien existen bodegas que presentan diferencias mayores en sus registros frente a otras durante determinados periodos de tiempo, estas no son lo suficientemente elevadas para considerar el desarrollo de un modelo matemático para cada caso en específico.

3.2 Pruebas de Correlación: Prueba de Regresión paso a paso.

Finalmente, para la construcción del modelo matemático, se emplea el análisis de regresión paso a paso con motivo de conocer la relación entre las variables que podrían estar causando la inexactitud en el registro de inventario, y las variables de interés como son la variable de casos IRI, y la variable de diferencia de registro. Adicionalmente, este análisis permitirá conocer el orden de influencia que tienen las variables en cuestión, así como descartará las variables que no poseen influencia significativa para el caso de estudio.

Como primer paso definimos las variables dependientes, variables sobre las cuales se buscará la influencia de las demás y se construirá el modelo matemático. Estas variables son: IRI, y Diferencia de registro de inventario. Se necesita realizar dos regresiones diferentes, una para cada variable dependiente, y así determinar los factores que influyen a cada una de ellas.

Las variables independientes o factores que se podrán a prueba para determinar primeramente si tienen o no influencia sobre las variables dependientes, y al mismo tiempo determinar el nivel de influencia si en caso existe, son: Costos de compra de productos, Número de ventas, Devoluciones de clientes, Venta total en dólares, Devoluciones de proveedor, Número de devoluciones de proveedor, Rotación de inventario, Venta total, y Número de devoluciones de cliente.

3.2.1 Modelo-Variable dependiente: IRI. Al ingresar las variables en el software estadístico SPSS, los resultados del modelo son los que se presentan en la tabla 14. El modelo presenta tres variables que influyen sobre el IRI, estas son las que se muestran en la tabla 15 en el orden correspondiente, siendo la venta total en dólares la variable que más influencia sobre el IRI, seguida del número de devoluciones del proveedor y la rotación del inventario. Adicionalmente el modelo presenta un R cuadrado de 14.8%, es decir la proporción de datos en los cuales es posible predecir la variable IRI en función de las variables independientes presentadas.

Tabla 14 Variables que influyen a la variable dependiente IRI.

Modelo	Variables Ingresadas	Método
1	VENTA_TOTAL_DOLARES	Paso a paso (Criterio: Probabilidad-de-F-a-entrar <= .050, Probabilidad-de-F-a-salir >= .100).
2	NUMERO_DEVOLUCIONES_DE_PROVEEDOR	Paso a paso (Criterio: Probabilidad-de-F-a-entrar <= .050, Probabilidad-de-F-a-salir >= .100).
3	ROTACION_DE_INVENTARIO	Paso a paso (Criterio: Probabilidad-de-F-a-entrar <= .050, Probabilidad-de-F-a-salir >= .100).

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 15 Resumen de modelo, Variable IRI.

Resumen de Modelo 1				
Modelo	R	R Cuadrada	R Cuadrada Ajustada	Error estándar de estimación
1	.329 ^a	0.108	0.107	0.04147
2	.363 ^b	0.132	0.130	0.04094
3	.385 ^c	0.148	0.145	0.04058

a. Predictores: (Constante), VENTA_TOTAL_DOLARES

b. Predictores: (Constante), VENTA_TOTAL_DOLARES, NUMERO_DEVOLUCIONES_DE_PROVEEDOR

c. Predictores: (Constante), VENTA_TOTAL_DOLARES, NUMERO_DEVOLUCIONES_DE_PROVEEDOR, ROTACION_DE_INVENTARIO

Fuente: Elaborado por el autor.

Para poder determinar si es que es posible construir un modelo de regresión a partir de las variables ingresadas en el software estadístico, el estudio nos

muestra la tabla 16 de ANOVA, en la cual se observa que el nivel de significancia es menor a 0.05, por lo tanto, sí es posible construir un modelo.

Tabla 16 Tabla de significancia ANOVA, modelo IRI.

ANOVA ^a					
Modelo	Suma de Cuadrados	df	Mediana Cuadrada	F	Sig.
1 Regresión	0.165	1	0.165	95.947	.000 ^b
Residual	1.359	790	0.002		
Total	1.524	791			
2 Regresión	0.201	2	0.100	59.943	.000 ^c
Residual	1.323	789	0.002		
Total	1.524	791			
3 Regresión	0.226	3	0.075	45.720	.000 ^d
Residual	1.298	788	0.002		
Total	1.524	791			

a. Variable Dependiente: IRI

b. Predictores: (Constante), VENTA_TOTAL_DOLARES

c. Predictores: (Constante), VENTA_TOTAL_DOLARES, NUMERO_DEVOLUCIONES_DE_PROVEEDOR

d. Predictores: (Constante), VENTA_TOTAL_DOLARES, NUMERO_DEVOLUCIONES_DE_PROVEEDOR, ROTACION_DE_INVENTARIO

Fuente: Elaborado por el autor.

Para la construcción del modelo se presenta la tabla 17 de coeficientes, que nos indica para el modelo que considera los predictores: venta total dólares, número devoluciones de proveedor, y rotación de inventario, se presenta el R cuadrado más alto y por consiguiente el error más bajo, los coeficientes de cada una de las variables que constituirán la función del presente modelo.

Siendo así tenemos que el modelo matemático (IRI) es el siguiente:

$$y=0.036+1.393E-5x_1+1.79E-4x_2-9.03e-4x_3$$

Siendo:

$y=IRI$

$x_1=Venta\ total\ en\ dólares$

$x_2=Número\ de\ devoluciones\ de\ proveedor$

$x_3=Rotación\ de\ inventario$

Tabla 17 Tabla de coeficientes de modelo IRI.

Coeficientes ^a					
Modelo	Coeficientes No Estandarizados		Coeficientes Estandarizados	t	Sig.
	B	Estd. Error	Beta		
1 (Constant)	0.035	0.002		21.751	0.000
VENTA_TOTAL_DOLARES	1.435E-05	0.000	0.329	9.795	0.000
2 (Constant)	0.035	0.002		21.781	0.000
VENTA_TOTAL_DOLARES	1.183E-05	0.000	0.271	7.654	0.000
NUMERO_DEVOLUCIONES_DE_PROVEEDOR	0.000	0.000	0.164	4.632	0.000
3 (Constant)	0.036	0.002		22.299	0.000
VENTA_TOTAL_DOLARES	1.393E-05	0.000	0.319	8.575	0.000
NUMERO_DEVOLUCIONES_DE_PROVEEDOR	0.000	0.000	0.166	4.731	0.000
ROTACION_DE_INVENTARIO	-0.001	0.000	-0.137	-3.889	0.000

a. Variable Dependiente: IRI

Fuente: Elaborado por el autor.

Para determinar en qué medida los valores de una de las variables independientes afectan a la variable dependiente IRI, se realiza el análisis a continuación.

Teniendo la ecuación:

$$y=0.036+1.393E-5x_1+1.79E-4x_2-9.03e-4x_3$$

Se multiplica cada variable por 100:

$$x_1=1.393E-3$$

$$x_2=0.0179$$

$$x_3=0.0903$$

Se determina que la variable más sensible al cambio, que modifica a la variable dependiente IRI, es la variable de rotación de inventario, por lo que se deberá hacer énfasis en su control para evitar que la misma adquiera valores altos que generen a su vez un aumento en el IRI.

3.2.2 Modelo-Variable dependiente: Diferencia entre registros. Al ingresar las variables en el software estadístico SPSS, los resultados del modelo son los que se presentan en la tabla 19. El modelo presenta tres variables que influyen sobre el IRI, estas son las que se muestran en la tabla 18 en el orden correspondiente, siendo el número de ventas la variable que más influencia sobre la diferencia entre registros de inventario, seguida del número de devoluciones del proveedor y el número de devoluciones del cliente. Adicionalmente el modelo presenta un R cuadrado de 43.7%, es decir la proporción de datos en los cuales es posible predecir la variable diferencia de registro en función de las variables independientes presentadas.

Tabla 18 Variables que influyen a la variable dependiente Diferencia entre registros.

Modelo	Variables Ingresadas	Método
1	NUMERO_VENTAS	Paso a paso (Criterio: Probabilidad-de-F-a-entrar $\leq$.050, Probabilidad-de-F-a-salir $\geq$.100).
2	NUMERO_DEVOLUCIONES_DE_PROVEEDOR	Paso a paso (Criterio: Probabilidad-de-F-a-entrar $\leq$.050, Probabilidad-de-F-a-salir $\geq$.100).
3	NUMERO_DE_DEVOLUCIONES	Paso a paso (Criterio: Probabilidad-de-F-a-entrar $\leq$.050, Probabilidad-de-F-a-salir $\geq$.100).

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 19 Resumen de modelo, Variable Diferencia entre registros.

Resumen de modelo 2				
Modelo	R	R Cuadrado	R Cuadrado Ajustado	Error estándar de estimación
1	.496 ^a	0.246	0.245	6615.38215
2	.574 ^b	0.329	0.327	6244.42129
3	.661 ^c	0.437	0.434	5725.96117

a. Predictores: (Constante), NUMERO_VENTAS

b. Predictores: (Constante), NUMERO_VENTAS, NUMERO_DEVOLUCIONES_DE_PROVEEDOR

c. Predictores: (Constante), NUMERO_VENTAS, NUMERO_DEVOLUCIONES_DE_PROVEEDOR, NUMERO_DE_DEVOLUCIONES

Fuente: Elaborado por el autor.

Para poder determinar si es que es posible construir un modelo de regresión a partir de las variables ingresadas en el software estadístico, el estudio nos muestra la tabla 20 de ANOVA, en la cual se observa que el nivel de significancia es menor a 0.05, por lo tanto, sí es posible construir un modelo.

Tabla 20 Tabla de significancia ANOVA, modelo Diferencia entre registros.

ANOVAa					
Modelo	Sum de Cuadrados	df	Mediana Cuadrada	F	Sig.
1 Regresión	1.13E+10	1	1.13E+10	257.781	.000 ^b
Residual	3.46E+10	790	4.38E+07		
Total	4.59E+10	791			
2 Regresión	1.51E+10	2	7.54E+09	193.485	.000 ^c
Residual	3.08E+10	789	3.90E+07		
Total	4.59E+10	791			
3 Regresión	2.00E+10	3	6.67E+09	203.523	.000 ^d
Residual	2.58E+10	788	3.28E+07		
Total	4.59E+10	791			

a. Variable Dependiente: DIFERENCIA_ENTRE_REGISTROS

b. Predictores: (Constante), NUMERO_VENTAS

c. Predictores: (Constante), NUMERO_VENTAS, NUMERO_DEVOLUCIONES_DE_PROVEEDOR

d. Predictores: (Constante), NUMERO_VENTAS, NUMERO_DEVOLUCIONES_DE_PROVEEDOR, NUMERO_DE_DEVOLUCIONES

Fuente: Elaborado por el autor.

Para la construcción del modelo se presenta la tabla 21 de coeficientes, que nos indica para el modelo que considera como predictores: número de ventas, número de devoluciones de proveedor, y número de devoluciones de cliente, presenta el R cuadrado más alto y por consiguiente el error más bajo, los coeficientes de cada una de las variables que constituirán la función del presente modelo.

Siendo así tenemos que el modelo matemático (Diferencia entre registros) es el siguiente:

$$y = -269.07 + 1.726x_1 + 71.152x_2 + 3092.621x_3$$

Siendo:

y=Diferencia entre registros.

x_1 =Número de ventas

x_2 =Número de devoluciones de proveedor

x_3 =Número de devoluciones de cliente

Tabla 21 Tabla de coeficientes de modelo Diferencia entre registros.

Modelo	Coeficientes ^a				
	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Estd. Error	Beta		
1 (Constante)	-188.589	248.895		-0.758	0.449
NUMERO_VENTAS	5.736E+00	0.357	0.496	16.056	0.000
2 (Constante)	-379.476	235.731		-1.610	0.108
NUMERO_VENTAS	4.423E+00	0.362	0.382	12.203	0.000
NUMERO_DEVOLUCIONES _DE_PROVEEDOR	57.875	5.857	0.310	9.882	0.000
3 (Constante)	-269.070	216.346		-1.244	0.214
NUMERO_VENTAS	1.726E+00	0.399	0.149	4.331	0.000
NUMERO_DEVOLUCIONES _DE_PROVEEDOR	71.152	5.479	0.381	12.987	0.000
NUMERO_DE_DEVOLUCIO NES	3092.621	252.218	0.393	12.262	0.000
a. Variable Depediente: DIFERENCIA_ENTRE_REGISTROS					

Fuente: Elaborado por el autor.

Para determinar en qué medida los valores de una de las variables independientes afectan a la variable dependiente Diferencia de registro, se realiza el análisis a continuación.

Teniendo la ecuación:

$$y = -269.07 + 1.726x_1 + 71.152x_2 + 3092.621x_3$$

Se multiplica cada variable por 10:

$$x_1 = 17.26$$

$$x_2 = 711.52$$

$$x_3 = 30926.21$$

Tras realizar el análisis se determina que la variable más sensible al cambio, que modifica a la variable dependiente Diferencia de registro, es la variable de número de devoluciones de cliente, por lo que se deberá hacer énfasis en su control para evitar que la misma adquiera valores altos que generen a su vez un aumento en el IRI.

Tanto el modelo 1, cuya variable dependiente es IRI, como el modelo 2, cuya variable dependiente es la Diferencia entre registros, presentan una variable en común dentro de sus respectivas ecuaciones, Devoluciones del proveedor.

Haciendo especial énfasis en este hallazgo pues se determina como una variable crucial a controlar pues tiene participación en los dos modelos analizados, y su potencial crecimiento repercutirá sobre las variables dependientes, IRI y Diferencia de registro.

4 CONCLUSIÓN.

Al final de este trabajo investigativo se logró cumplir con el objetivo del estudio, el cual consiste en establecer un modelo matemático de valoración de IRI para identificar y disminuir el impacto de los factores que generan inexactitudes en empresas retail. De igual manera, se respondieron las preguntas de investigación planteadas, estas eran referentes a la identificación de factores y si estos son manejables dentro de un entorno minorista.

Para cumplir el objetivo planteado se utilizó primeramente el software Atlas. Ti en su versión 8.4.22, la cual permitió realizar una búsqueda bibliográfica acerca de la inexactitud en los registros de inventario, clasificar dicha información, e identificar posibles factores que influirían sobre las variables dependientes del estudio: IRI y Diferencia entre registros. Las variables que resultaron de esta investigación fueron: Costos de compra de productos, Número de ventas, Devoluciones de clientes, Venta total en dólares, Devoluciones de proveedor, Número de devoluciones de proveedor, Rotación de inventario, Venta total, y Número de devoluciones de cliente.

Para plantear el modelo matemático que ayudará a valorar la inexactitud en el registro de inventarios de la empresa minorista, se realizaron regresiones paso a paso utilizando las variables identificadas anteriormente, así como las variables dependientes de este estudio. Por medio del software SPSS se realizaron las pruebas correspondientes y se plantearon los modelos matemáticos. El modelo cuya variable dependiente es el IRI, muestra que las variables que pueden influir en su valor son: venta total dólares, número devoluciones de proveedor, y rotación de inventario, en ese orden. Mientras que en el modelo cuya variable dependiente es la Diferencia entre registros, las variables que pueden influir sobre su valor son: número de ventas, número de devoluciones de proveedor, y número de devoluciones de cliente.

Al establecer dos variables dependientes, IRI y Diferencia entre registros, para aplicarlas a un mismo modelo, lo que se ha buscado es la posibilidad de analizar factores en común y poder realizar una comparativa entre estos resultados. Es así como de este contraste se concluye que: las variables a tomar en consideración están relacionadas con las devoluciones de productos, tanto por parte de clientes, como hacia proveedores, si bien este factor puede producirse con menos regularidad que los demás, su incremento modifica considerablemente el valor final de las variables dependientes. De igual manera, el estudio permite que la empresa tenga libertad de tomar medidas frente a las otras variables

obtenidas que afectan el registro de inventarios como lo son, la rotación del inventario, y el número de ventas.

Se han empleado datos de una empresa minorista para validar el modelo planteado y poder obtener los resultados que permitirán a la empresa valorar su IRI tomando en consideración datos de las variables presentadas en el modelo. En un primer análisis los resultados de las pruebas estadísticas llevadas a cabo permitieron conocer que efectivamente el nivel de IRI en la empresa llegaba al 49% del total de registros auditados, es decir, la empresa cuenta con problemas de registro. El conocer esta información junto a la aplicación del modelo matemático de valoración dará paso a la toma de acciones por parte del minorista con miras a disminuir las variables afectadas, es así como se provee de un método más rápido y efectivo de toma de decisiones en la empresa.

Finalmente, para como respuesta a la segunda pregunta de investigación, se ha indagado acerca de las estrategias para mitigar los factores que afectan a la inexactitud del registro de inventarios, resultantes del modelo matemático. Los resultados de esta investigación consistieron en un sistema de valoración a los productos ofertados o a los productos sobre los cuales se tenga un mayor índice de devolución, esto con miras a que los compradores conozcan la valuación del mismo previo a realizar su elección de compra y de esta manera disminuir las posibles devoluciones por parte de los clientes. Otra alternativa para reducir el factor de devoluciones es establecer un periodo determinado de tiempo para las devoluciones. Esta estrategia se puede implementar en las tiendas retail como parte de la política de atención al cliente, siempre teniendo en cuenta que sea un equilibrio entre la voluntad del cliente y las necesidades de la empresa en cuanto al factor, para evitar disgustos por parte de los mismos que puedan resultar en una pérdida potencial del cliente.

Como limitaciones dentro del trabajo investigativo se encuentra el mercado en constante cambio, por lo que podrían aparecer nuevos factores que alteren el IRI y se deberá entonces plantear nuevamente un estudio para determinar una vez más un modelo ajustado a los mismos, y a su vez plantear estrategias de mitigación acorde a la problemática.

Este trabajo da paso a futuras líneas de investigación relacionadas con la comprobación de dichas estrategias de mitigación de factores en el entorno presentado, así como presenta oportunidades de determinar el alcance que tienen las políticas de gestión de inventarios, específicamente aquellas sobre devoluciones, sobre los clientes y a su vez sobre el rendimiento de las tiendas y la rentabilidad de la empresa.

AGRADECIMIENTO.

Es necesario agradecer al proyecto “Modelo de optimización para la gestión de diseño, inventarios y logística de las tiendas en el sector minorista (retail) del Azuay” del cual se derivó este estudio, así como al equipo de investigación que lo conforma por su apoyo durante todo el proceso de elaboración del mismo. Adicionalmente agradecer a la empresa minorista por la disposición de participar en este estudio y brindar su tiempo e información para que el trabajo tenga éxito.

REFERENCIAS.

1. Bruccoleri, M., Cannella, S., & La Porta, G. (2014). Inventory record inaccuracy in supply chains: The role of workers' behavior. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 44(10), 796–819.
<https://doi.org/10.1108/IJPDLM-09-2013-0240>
2. Chen, L., & Mersereau, A. J. (2015). Analytics for Operational Visibility in the Retail Store: The Cases of Censored Demand and Inventory Record Inaccuracy. En N. Agrawal & S. A. Smith (Eds.), *Retail Supply Chain Management* (Vol. 223, pp. 79–112). Springer US.
https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7562-1_5
3. Chuang, H. H. C. (2015). Mathematical modeling and Bayesian estimation for error-prone retail shelf audits. *Decision Support Systems*, 80, 72–82.
<https://doi.org/10.1016/j.dss.2015.10.003>
4. Cueva Enriquez, D. V. (2016). *Propuesta de un sistema administrativo y contable como herramienta de mejoramiento continuo en el área de inventarios para la empresa Motorista CIA.Ltda.* Universidad Central del Ecuador.
5. Dailey, L. C., & Ülkü, M. A. (2018). Retailers beware: On denied product returns and consumer behavior. *Journal of Business Research*, 86, 202–209.
<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.01.064>

6. DeHoratius, N., & Raman, A. (2008). Inventory Record Inaccuracy: An Empirical Analysis. *Management Science*, 54(4), 627–641.
<https://doi.org/10.1287/mnsc.1070.0789>
7. *El 'retail' mueve en Ecuador más de USD 16 800 millones anuales | Revista Líderes*. (2019). <https://www.revistalideres.ec/lideres/retail-ecuador-ventas-centros-comerciales.html>
8. Fathoni, F. A., Ridwan, A. Y., & Santosa, B. (2019). Development of Inventory Control Application for Pharmaceutical Product Using ABC-VED Cycle Counting Method to Increase Inventory Record Accuracy. *Proceedings of the 2018 International Conference on Industrial Enterprise and System Engineering (IcoIESE 2018)*. Proceedings of the 2018 International Conference on Industrial Enterprise and System Engineering (IcoIESE 2018), Yogyakarta, Indonesia. <https://doi.org/10.2991/icoiese-18.2019.47>
9. Gallino, S., & Moreno, A. (2012). Integration of Online and Offline Channels in Retail: The Impact of Sharing Reliable Inventory Availability Information. *SSRN Electronic Journal*, 1–36. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2149095>
10. Hardgrave, B. C., Aloysius, J. A., & Goyal, S. (2013). RFID-Enabled Visibility and Retail Inventory Record Inaccuracy: Experiments in the Field. *Production and Operations Management*, 22(4), 843–856.
<https://doi.org/10.1111/poms.12010>
11. Ishfaq, R., & Raja, U. (2019). Empirical evaluation of IRI mitigation strategies in retail stores. *Journal of the Operational Research Society*, 0(0), 1–14.
<https://doi.org/10.1080/01605682.2019.1640592>
12. Johnsson, T. (1992). A procedure for stepwise regression analysis. *Statistical Papers*, 33(1), 21–29. <https://doi.org/10.1007/BF02925308>

13. Kim, Y. J., & Cribbie, R. A. (2018). ANOVA and the variance homogeneity assumption: Exploring a better gatekeeper. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 71(1), 1–12. <https://doi.org/10.1111/bmsp.12103>
14. Kök, A. G., & Shang, K. H. (2007). Inspection and Replenishment Policies for Systems with Inventory Record Inaccuracy. *Manufacturing & Service Operations Management*, 9(2), 185–205. <https://doi.org/10.1287/msom.1060.0136>
15. Kök, A. G., & Shang, K. H. (2014). Evaluation of cycle-count policies for supply chains with inventory inaccuracy and implications on RFID investments. *European Journal of Operational Research*, 237(1), 91–105. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.01.052>
16. Kwak, J. K., & Gavirneni, S. (2015). Impact of information errors on supply chain performance. *Journal of the Operational Research Society*, 66(2), 288–298. <https://doi.org/10.1057/jors.2013.175>
17. *Las Top 1000. Su evolución en 2017*. (2018, septiembre 12). Ekos Negocios. <https://www.ekosnegocios.com/articulo/las-top-1000.-su-evolucion-en-2017>
18. Liu, X., Li, K., Min, G., Shen, Y., Liu, A. X., & Qu, W. (2015). Completely pinpointing the missing RFID tags in a time-efficient way. *IEEE Transactions on Computers*, 64(1), 87–96. <https://doi.org/10.1109/TC.2013.197>
19. MacFarland, T. W., & Yates, J. M. (2016). *Introduction to Nonparametric Statistics for the Biological Sciences Using R*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30634-6_4
20. Mera Castro, G. M. (2018). *Plan de mejora al proceso de control de inventario por reducción de pérdida de mercadería terminada en empresa de plásticos Amazonas*. Instituto Superior Tecnológico Bolivariano de Tecnología.

21. Merlo, F. (2020). *Propuesta de mejoramiento en la exactitud de inventarios dentro de la bodega de repuestos en una empresa de soluciones logísticas*. Universidad de las Américas.
22. Mohd Razali, N., & Bee Wah, Y. (2011). *Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests*. 2, 21–33.
23. Mostert, W., Niemann, W., & Kotzé, T. (2017). Supply chain integration in the product return process: A study of consumer electronics retailers. *Acta Commercii*, 17(1), 16 pages. <https://doi.org/10.4102/ac.v17i1.487>
24. Nayak, R., Singh, A., Padhye, R., & Wang, L. (2015). RFID in textile and clothing manufacturing: Technology and challenges. *Fashion and Textiles*, 2(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s40691-015-0034-9>
25. Peña, A., & Pinta, F. (2012). *INFO ECONOMÍA ECUADOR 2012* (Núm. 8; INFO ECONOMIA, p. 7). Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). www.ecuadorencifras.gob.ec › Infoconomía › info8
26. Quintero Arango, L. F. (2015). *El sector retail, los puntos de venta y el comportamiento de compras de los consumidores de la base de la pirámide en la columna 10 en la ciudad de Medellín*. *Revista Ciencias Estratégicas*. <http://dx.doi.org/10.18566/rces.v23n33a08>
27. Samudio Echeverría, J. F. (2018). *Implementación de un sistema de etiquetas de radiofrecuencia (RFID) para el control del inventario en 180 tiendas de una cadena de retail en el Ecuador*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
28. Shang, G., Ferguson, M. E., & Galbreth, M. R. (2019). Where Should I Focus My Return Reduction Efforts? Empirical Guidance for Retailers. *Decision Sciences*, 50(4), 877–909. <https://doi.org/10.1111/deci.12344>

29. Villacís Cárdenas, C. (2018). *Análisis de la evolución del sector retail en el Ecuador, durante el periodo 2007 al 2017*. Universidad de Especialidades Espíritu Santo.
30. Vinod, P., & Sudhi, R. (2019). *Forecasting and lean improvements in the product return management Case study in Logistic warehouse [Jönköping University]*. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1384829/FULLTEXT01.pdf>
31. Walsh, G., & Möhring, M. (2017). Effectiveness of product return-prevention instruments: Empirical evidence. *Electronic Markets*, 27(4), 341–350.
<https://doi.org/10.1007/s12525-017-0259-0>
32. Zhang, L. H., Li, T., & Fan, T. J. (2018). Radio-frequency identification (RFID) adoption with inventory misplacement under retail competition. *European Journal of Operational Research*, 270(3), 1028–1043.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.04.038>

ANEXOS.

Anexo 1 Variables del estudio.

Variables	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
<i>Independientes</i>			
Periodo de tiempo en que se realiza inventario.	Sistema ERP	Mes	Categórica Ordinal
Periodo de tiempo en que se realiza inventario físico.	Sistema ERP	Mes	Categórica Ordinal
Artículos inventariados.	Sistema ERP	Número	Numérica Continua
Cantidad inventariada por artículo en el método de registro empleado.	Sistema ERP	Número de artículos inventariados	Numérica Continua
Cantidad inventariada por artículo en inventario físico.	Sistema ERP	Número de artículos inventariados	Numérica Continua
Cantidad de venta mensual por artículo inventariado.	Sistema ERP	Número de artículos vendidos \$	Numérica Continua
Periodo de rotación de inventarios.	Sistema ERP	Mes	Categórica Ordinal
Índice de rotación de inventarios	Aprovisionamientos Inventario a final de mes	Número	Numérica Continua
Costo de los artículos inventariados.	Sistema ERP	\$	Numérica Continua
Devoluciones de artículos.	Sistema ERP	Número de devoluciones de clientes	Numérica Continua
		Número de devoluciones a proveedor	Numérica Continua
Diferencia entre registros	Inventario en sistema	Número	Numérica
	Inventario Físico		Continua
Variables	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
<i>Dependiente</i>			
IRI	Ítems auditados por categoría	%	Numérica
	Ítems que presentan diferencias por categoría		Continua