



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**REDISEÑO DEL PROCESO DE ADQUISICIONES Y  
BODEGAS EN AINEL LTDA**

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE  
NEGOCIOS CON TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN.

**ARIEL GONZÁLEZ BORGES**

**PROFESOR GUÍA:**

ENRIQUE BRAVO CASTRO

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:**

EZEQUIEL MUÑOZ KRSULOVIC

LUCIANO VILLARROEL PARRA

SANTIAGO DE CHILE

2020

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo se realizó en la empresa Ingeniería y Obras Eléctricas AINEL LTDA que brinda servicios de ingeniería, montaje y construcción de obras eléctricas. El principal cliente de AINEL LTDA es la empresa ENEL S.A., principal distribuidora eléctrica de la región Metropolitana. Proporcionar servicios a costos competitivos es un desafío constante para distribuidoras eléctricas debido al marco regulatorio que obliga a bajar sus costos de operación manteniendo o mejorando los servicios a sus clientes. El objetivo del proyecto es mejorar el índice de rentabilidad operacional de la empresa AINEL LTDA manteniendo los índices de crecimiento de su principal línea de negocios: Montaje, Mantenimiento y Ejecución Obras Eléctricas.

Uno de los procesos importantes dentro de AINEL LTDA es la planeación, evaluación y control de la adquisición de materiales y gestión de inventarios. Los costos de adquisición de materiales representan al menos un 28,6% de los costos de venta asociados a la línea de negocios Obras Eléctricas. Para la evaluación, análisis y propuesta de la solución se utilizó la Metodología de Ingeniería de Negocios que sustenta el rediseño del Proceso de Adquisiciones y Bodega de la empresa basado en la arquitectura de macroprocesos. Se propone un Modelo Integral de Gestión de Inventarios para Área de Adquisiciones y Bodega basado en pronósticos de demanda y clasificación de inventarios mediante análisis multivariado ABC-XYZ. Se proponen implementación de políticas de inventarios basadas en la clasificación y los pronósticos de demandas.

La clasificación del inventario ABC-XYZ permitió focalizar la atención en una parte pequeña del inventario que generaba los mayores costos así como también describir la demanda de los materiales para implementar decisiones de negocios. Se escogió una muestra de inventario y se desarrolló un prototipo funcional de una herramienta tecnológica que permite realizar la clasificación y los pronósticos de demanda para cada elemento de inventario. Se evaluó el mejor pronóstico y se definieron las políticas de inventario y adquisiciones para cada uno de los elementos de la muestra de inventario.

Los resultados de la aplicación del prototipo evidencian la disminución de costos de materiales en un 8% utilizando políticas de integración con proveedores y compras en grandes volúmenes. También se evidenció una disminución de la cantidad de horas hombre generadas para realizar y gestionar las órdenes de compra. La evaluación económica del proyecto se realizó con un horizonte de 3 años y una tasa de descuento de un 15% obteniendo un VAN de **\$ 71,431,731**.

## DEDICATORIA

*A mis padres por ser luz y guía...*

*A Eyle, que me acompaña en toda aventura y pone su amor y tiempo a mi disposición.*

*A mi hija, que fue cómplice y motor desde su gestación, justo cuando comenzaba este magíster.*

*Al resto de mi familia, que a pesar de la lejanía, me empuja a ser mejor persona y profesional.*

*A Alexey Padrón, que se nos hizo familia en esta tierra lejana.*

*A mi curso del MBE que me enseñó que se pueden encontrar aún “comarcas” en los lugares más insospechados.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A todos los profesores del MBE: por su empeño, paciencia y profunda vocación docente que no dejaron de sorprenderme en cada clase. “Honrar honra...” escribió José Martí, héroe nacional cubano*

*A mi profesor guía, que ayudó a cerrar este ciclo profesional con su apoyo*

*A las personas de AINEL que me entregaron el tiempo, las ganas y los esfuerzos de realizar un mejor trabajo.*

*A Jorge Rojas y Carlos Bozo, que me abrieron las puertas de su empresa.*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO.....</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIA .....	1
1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....	1
1.3 PROBLEMA U OPORTUNIDAD IDENTIFICADA.....	2
1.4 OBJETIVOS Y RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO .....	4
1.4.1 <i>Objetivo General</i> .....	4
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	4
1.4.3 <i>Resultados Esperados</i> .....	4
1.5 ALCANCE.....	4
1.6 RIESGOS POTENCIALES.....	5
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1 METODOLOGÍA DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS.....	6
2.2 GESTIÓN DE INVENTARIOS. MODELOS. ....	9
2.2.1 <i>Modelo de la Cantidad Económica de Pedido.</i> .....	11
2.2.2 <i>Modelos Revisión Continua.</i> .....	12
2.2.3 <i>Modelos Revisión Periódica</i> .....	13
2.2.4 <i>Análisis Multivariados. ABC-XYZ.</i> .....	14
2.2.5 <i>Análisis ABC</i> .....	14
2.2.6 <i>Análisis XYZ.</i> .....	14
2.2.7 <i>Análisis Multivariados. Multi-Criteria Inventory Classification (MCIC)</i> .....	15
2.3 PRONÓSTICOS DE DEMANDA. MÉTODOS CUANTITATIVOS.....	16
2.3.1 <i>Suavizado Exponencial.</i> .....	17
2.3.2 <i>Media Móvil Simple.</i> .....	18

2.3.3	<i>Regresión lineal</i> .....	18
<b>CAPÍTULO 3:</b>	<b>PLANTAMIENTO ESTRATÉGICO Y MODELO DE NEGOCIOS</b> .....	<b>20</b>
3.1	POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO .....	20
3.2	MODELO DE NEGOCIOS .....	22
3.3	RELACIÓN CON POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO.....	26
<b>CAPÍTULO 4:</b>	<b>ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL</b> .....	<b>28</b>
4.1	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	28
4.2	ARQUITECTURA DE PROCESOS AINEL LTDA (AS-IS).....	33
4.3	MODELAMIENTO DETALLADO DE PROCESOS .....	33
4.3.1	<i>Modelamiento IDEF0</i> .....	34
4.3.2	<i>Modelamiento BPMN. Procesos Adquisiciones y Bodega</i> .....	34
4.4	CUANTIFICACIÓN DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD.....	37
<b>CAPÍTULO 5:</b>	<b>PROPUESTA DE DISEÑO DE PROCESOS</b> .....	<b>39</b>
5.1	DIRECCIONES DE CAMBIO Y ALCANCE .....	39
5.2	DISEÑO DE LÓGICA DE NEGOCIOS.....	40
5.2.1	<i>Alcance del Proyecto</i> .....	42
5.3	ARQUITECTURA DE PROCESOS TO BE .....	42
5.4	DISEÑO DETALLADO DE PROCESOS <i>TO BE</i> .....	43
5.4.1	<i>Macroprocesos de AINEL LTDA</i> .....	43
5.4.2	<i>Diseño BPM de Procesos a Intervenir</i> .....	45
<b>CAPÍTULO 6:</b>	<b>PROPUESTA DE APOYO TECNOLÓGICO</b> .....	<b>49</b>
6.1	ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS.....	49
6.1.1	<i>Requerimientos Funcionales</i> .....	49
6.1.2	<i>Requerimientos No Funcionales</i> .....	49

6.2 ARQUITECTURA TECNOLÓGICA .....	50
6.3 DISEÑO DE LA APLICACIÓN .....	51
6.3.1 Casos de Uso.....	51
6.4 PROTOTIPO FUNCIONAL DESARROLLADO. ....	52
<b>CAPÍTULO 7: GESTIÓN DEL CAMBIO .....</b>	<b>54</b>
7.1 CONTEXTO DE LA EMPRESA .....	54
7.2 OBSERVACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN. ....	54
7.3 PRINCIPIOS DE DISEÑO .....	55
7.4 FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO.....	55
7.5 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE CAMBIO .....	56
7.6 PLAN DE GESTIÓN DEL CAMBIO.....	57
<b>CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>59</b>
8.1 PLAN PILOTO.....	59
8.1.1 Implementación de Plan Piloto. ....	59
8.1.2 Análisis de Lógica de Negocios Implementada.....	60
8.2 DEFINICIÓN DE BENEFICIOS Y COSTOS .....	70
8.3 FLUJO DE CAJA.....	70
8.3.1 Supuestos de la Evaluación Económica .....	70
8.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	72
8.4.1 Análisis 1. Variación en ahorros. ....	72
8.4.2 Análisis 2. Variación en disminución de Ventas.....	73
<b>CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>CAPÍTULO 10: BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>75</b>
<b>CAPÍTULO 11: ANEXOS .....</b>	<b>80</b>

# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

---

## 1.1 Antecedentes de la Industria

La energía eléctrica ha sido un impulsor clave del progreso de la humanidad y su desarrollo económico. La generación y uso de esta energía representan oportunidades para promover cambios positivos en la calidad de vida de las personas. Cuando la energía se genera y se utiliza de manera óptima, se genera un círculo virtuoso que incide directamente en el crecimiento económico; ofrece oportunidades para el cuidado del medio ambiente y favorece el desarrollo de las personas, permitiendo así a la sociedad avanzar hacia un desarrollo equitativo y sustentable. (Ministerio de Energía Chile, 2016)

Los generadores y distribuidores de electricidad han comenzado a cambiar sus paradigmas debido a estándares de calidad estrictos impuesto por los gobiernos. Proporcionar servicios a costos competitivos es un desafío constante para generadoras y distribuidoras eléctricas, así como los retos relacionados con los paradigmas de uso y cuidado de la energía, sustentabilidad y adopción de nuevas tecnologías. (Electricidad, La revista Energética de Chile, 2019)

## 1.2 Descripción General de la Empresa

Ingeniería y Obras Eléctricas AINEL LTDA es una empresa de servicios de ingeniería eléctrica, enfocada en el área de la distribución de energía. La empresa fue constituida en noviembre de 2003 y en sus 15 años de vida ha adquirido experiencia en el rubro de la distribución eléctrica como contratista de los servicios entregados por ENEL DISTRIBUCIÓN (antigua CHILECTRA S.A.) El principal cliente de AINEL en la actualidad es ENEL, el cual representa aproximadamente el 90% de las ventas anuales. ENEL DISTRIBUCIÓN es la principal empresa distribuidora<sup>1</sup> de la Región Metropolitana cuya área de concesión asciende a 2.065,4 KM<sup>2</sup> e incluye 33 comunas en la Región Metropolitana, además de las zonas abarcadas por la Empresa Eléctrica de Colina LTDA y Luz Andes LTDA (ENEL DISTRIBUCIÓN CHILE, 2018) lo que garantiza un nicho de mercado de servicios eléctricos considerable.

AINEL cuenta con instalaciones y bodegas en la comuna de San Miguel, Santiago y también cuenta con oficinas técnicas en Temuco, Región de la Araucanía donde presta servicios de ingeniería de proyectos para la distribuidora Sociedad Austral de Electricidad Sociedad Anónima (SAESA).

---

<sup>1</sup> La **distribuidora eléctrica** es aquella empresa que se dedica a **transportar energía** a los hogares y otros negocios. Las distribuidoras eléctricas son las dueñas de la infraestructura, es decir, los cables y los postes, y tienen la función de distribuir la energía hasta los puntos de consumo.



AINEL LTDA ha definido su visión de la siguiente forma: “Consolidar a AINEL LTDA, a nivel nacional en una solución inmediata a todos los requerimientos de sus clientes y a la vez trabajar codo a codo para entregar la mejor atención.”

AINEL ha definido su misión de la siguiente forma: “Entregar de una asesoría completa, poniendo a disposición toda la experiencia y conocimientos adquiridos a lo largo de su trayectoria como empresa.”

La empresa cuenta con dos Líneas de Negocios bien definidas:

**Tabla 1 “Líneas de negocio AINEL LTDA”**

<b>Líneas de Negocio</b>	<b>Denominación</b>	<b>% de Ventas 2018<sup>2</sup></b>
<b>Proyectos de Ingeniería de Distribución Eléctrica</b>	<b>Proyectos</b>	<b>13%</b>
<b>Montaje, Mantenimiento y Ejecución Obras Eléctricas</b>	<b>Obras Eléctricas</b>	<b>87%</b>

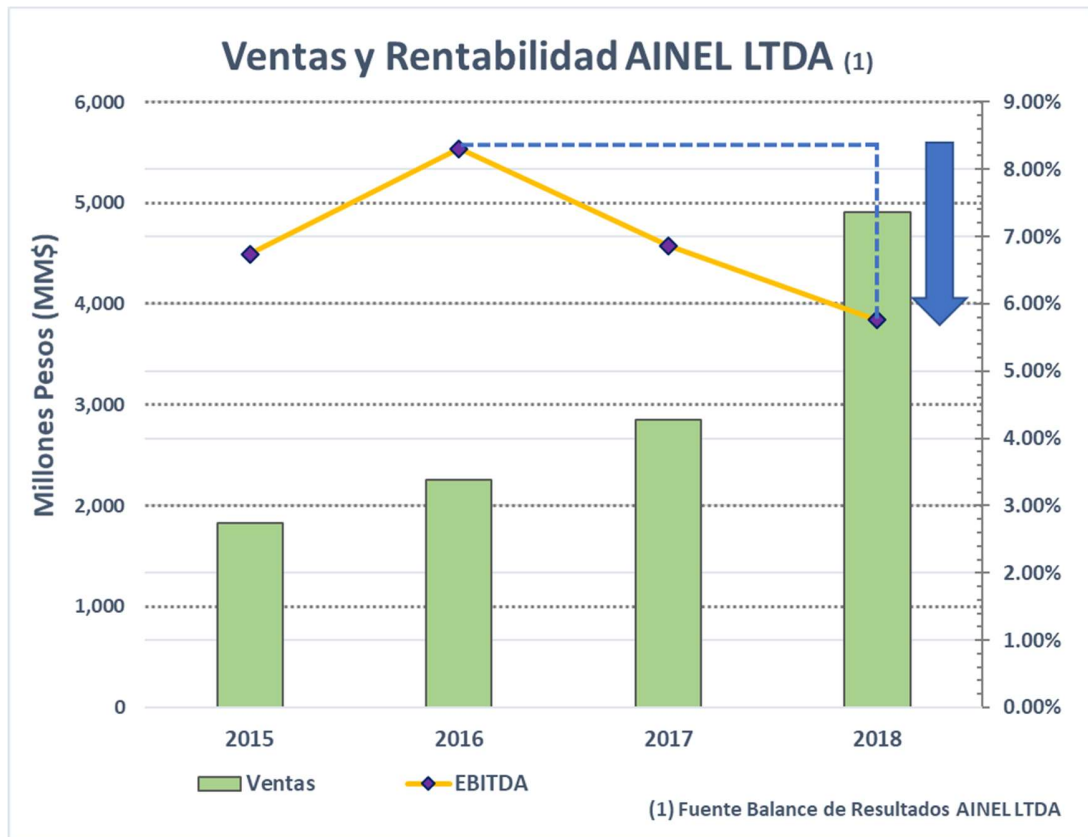
### **1.3 Problema u Oportunidad Identificada**

El trabajo está enfocado en la línea de negocios de Montaje, Mantenimiento y Ejecución Obras Eléctricas que es la línea de negocio con mayor volumen de ventas. Desde el año 2016 a 2018, esta línea de negocio ha experimentado un crecimiento en ventas debido a la adjudicación de 5 nuevos contratos lo que ha significado un aumento de un 2.18 veces el valor de las ventas (AINEL LTDA, 2018).

Este crecimiento experimentado en los últimos tres años en la línea de negocio Montaje, Mantenimiento y Ejecución Obras Eléctricas, ha sido analizado en varias reuniones con la gerencia de AINEL debido a que la rentabilidad de la empresa se encuentra disminuyendo desde 2016 según los balances de resultados de los últimos 3 años (AINEL LTDA, 2019). Los resultados de este análisis muestran una bajada desde 8.3% de rentabilidad operacional en 2016 a un 5.76% a diciembre de 2018.

---

<sup>2</sup> Informe de Ventas ERP Defontana (ERP DEFONTANA. AINEL LTDA, 2018)



**Ilustración 1. “Ventas y Rentabilidad Operacional AINEL LTDA.”**

Los Informes de Control de Gestión (Departamento Control de Gestión AINEL LTDA, 2018) demuestran que la compra de materiales representa un 28.6% de los costos de ventas de línea de negocio Obras Eléctricas. La adquisición de materiales y su posterior despacho a las cuadrillas es uno de los cuellos de botella identificados por la Gerencia en los últimos dos años.

Los costos asociados a un producto y/o servicio pueden asociarse a las actividades descritas en la Cadena de Valor (M. E. Porter, 1985). Estas describen de manera MECE<sup>3</sup> la estructura de una organización. Para el caso de AINEL, las actividades asociadas a Aprovisionamiento y Logística interna y externa son gestionadas por el Área de Adquisiciones y Bodega. Estas actividades son claves para la empresa ya que afectan directamente en los plazos y costos de los servicios brindados.

<sup>3</sup> MECE (*Mutually, Exclusive, Collectively, Exhaustive*)

AINEL LTDA es una empresa mediana (PYME), lo que obliga a tener una mejor utilización de sus recursos de infraestructura y capital para mantener los índices de rentabilidad necesarios que le permitan sostener su operación y poder ofrecer nuevos servicios solicitados por su principal cliente ENEL DISTRIBUCIÓN. Las mejoras de este proceso también están alineadas con el posicionamiento estratégico de la empresa y su propuesta de valor de “mejor precio”.

El problema de Rediseño de Adquisiciones y Bodega en AINEL LTDA se encuentra dentro del ámbito de la Gestión de Operaciones. La implementación de mejoras mediante el rediseño impacta sobre un Área que representa casi un tercio de los costos de ventas en la línea de negocio de Obras Eléctricas.

## **1.4 Objetivos y Resultados Esperados del Proyecto**

### **1.4.1 Objetivo General**

Mejorar índice de rentabilidad operacional en AINEL LTDA mediante el rediseño e implementación del proceso de Adquisiciones y Bodegas, que permita mantener una competencia por costos y crecimiento en ventas.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

1. Analizar la situación actual del Proceso de Adquisiciones y Bodega en AINEL LTDA.
2. Rediseñar Proceso de Adquisiciones y Bodegas en AINEL LTDA.
3. Desarrollar Modelo de Gestión de Inventarios con Pronóstico de Demanda de materiales eléctricos.
4. Implementar y evaluar prototipo de Modelo de Gestión de Inventarios.

### **1.4.3 Resultados Esperados**

1. Levantamiento del proceso de Adquisiciones y Bodegas actual.
2. Rediseño e Implementación del Proceso de Adquisiciones y Bodegas.
3. Pronóstico y Caracterización de Demanda de materiales.
4. Modelo de Gestión de Inventarios con Pronóstico de demanda.
5. Reducción de costos de Adquisiciones y Bodega en un 5% dentro alcance de prototipo.

## **1.5 Alcance**

El alcance del proyecto está definido dentro de la línea de negocios: Montaje, Mantenimiento y Ejecución Obras Eléctricas ya que es la línea de negocio con mayor porcentaje en ventas, con un 87% del total de ventas anuales. El proyecto se enmarca en la Gestión de Operaciones de la empresa mediante el rediseño de uno de sus procesos claves para las Áreas de Adquisiciones y Obras Eléctricas en AINEL LTDA. Se rediseñará el proceso de Adquisiciones y Bodega y se implementará un prototipo de este durante el primer trimestre de 2020.

El rediseño se realiza en todo el proceso que incluye las siguientes actividades: la generación del requerimiento, generación de orden de compra, la compra física, la recepción, el registro de los materiales en los sistemas y la entrega final a las cuadrillas de trabajo. También se explicitan las necesidades asociadas a la Gestión del Área de Adquisiciones y Obras hacia las demás Áreas (Recursos Humanos, Finanzas, Gerencia, etc.) con la finalidad de involucrar a todos los actores necesarios dentro de la implementación. Se incorpora un análisis multicriterio que permite incorporar política de Inventarios y Análisis de Demanda que permita:

- Realizar Pronóstico de Demanda de Materiales.
- Caracterizar Inventarios y materiales (ABC-XYZ).
- Identificar Proveedores y Estrategias de Integración mediante análisis de consumos de inventario.
- Mantener stock de materiales críticos.
- Realizar compras al por mayor en base a demanda estimada.

Se desarrolla un apoyo tecnológico para incorporar en el rediseño del proceso para agregar una ventaja competitiva a la cadena de valor de la empresa.

## **1.6 Riesgos Potenciales**

Los principales riesgos detectados para llevar a cabo esta oportunidad de negocio serían los siguientes:

- Crecimiento acelerado a nuevos servicios y/o contratos que sobrepase la capacidad del Área de Adquisiciones y Bodegas para realizar la correcta implementación del proyecto.
- Perfil de los proveedores de materiales y servicios no adecuado para satisfacer nuevos requerimientos.
- Calidad y actualización de Datos en ERP Defontana para realizar análisis ajustado a los movimientos reales de inventario.
- Aumento Costos Operacionales para mejorar la gestión del almacén.
- Ausencia de datos históricos para generar modelos de pronósticos.
- Resistencia al cambio. Cultura Organizacional.

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

---

La propuesta de valor de una organización está ligada firmemente a la forma de ejecutar todos sus procesos. Una empresa puede desempeñarse mejor que sus rivales sólo si es capaz de establecer una diferencia que pueda mantener enfocada en entregar mayor valor a sus clientes o entregar el mismo valor a menor costo que sus competidores (M. Porter, 2011).

El enfoque de procesos ha conducido naturalmente a la necesidad de contar con metodologías y herramientas para realizar diseño o rediseños. El rediseño de procesos es entendido como un desafío de dos niveles. Primero, el nivel técnico de diseño asociado a las dificultades del proceso y las herramientas para su desarrollo. El segundo nivel es cultural y corresponde a la implementación del rediseño en una organización que, al estar formada por personas puede aceptar o rechazar los cambios que se requieran implementar. (Reijers & Mansar, 2005) Una de las vertientes de la metodología de rediseño de procesos es la planteada por (Davenport, 1993) en la que plantea que una re-ingeniería parte de la base del conocimiento profundo de la situación existente

Existen varias metodologías o herramientas que permiten enfrentar los desafíos asociados a los rediseños de procesos dentro de las organizaciones. Varias de estas técnicas o herramientas se pueden encontrar en (Davenport, 1993; Grant, 2016; Kettinger et al., 1997; Osterwalder, 2004) las cuáles entregan buenas prácticas para enfrentar un rediseño de procesos en una organización.

### **2.1 Metodología de Ingeniería de Negocios**

La Ingeniería de Negocios descrita en (Barros, 2015) es una metodología de diseño y análisis que permite conectar la Estrategia y Modelo de Negocio de una organización con la Capacidades Necesarias que permiten entregar valor, conceptualizado en la Estrategia y Modelo de Negocio.

La Ingeniería de Negocios define diferentes etapas que se deben abordar para el diseño o rediseño de una organización. Las etapas de la metodología según (Barros, 2015) son las siguientes:

- 1. Definir Posicionamiento Estratégico**
- 2. Definir Modelo de Negocios.**
- 3. Diseño de Arquitectura Empresarial.**
- 4. Diseño detallado de Procesos.**
- 5. Diseño de Apoyo TI (Tecnologías de la Información).**
- 6. Construcción, Implementación y Operación.**

El posicionamiento estratégico puede ser abordado desde la perspectiva (M. Porter, 2011) o del modelo Delta descrito por (A. C. Hax & Wilde, 1999). El Modelo Delta define tres estrategias que pueden adoptar las organizaciones para generar una ventaja

competitiva las cuales son: mejor producto, integración total con el cliente y *lock in system*.

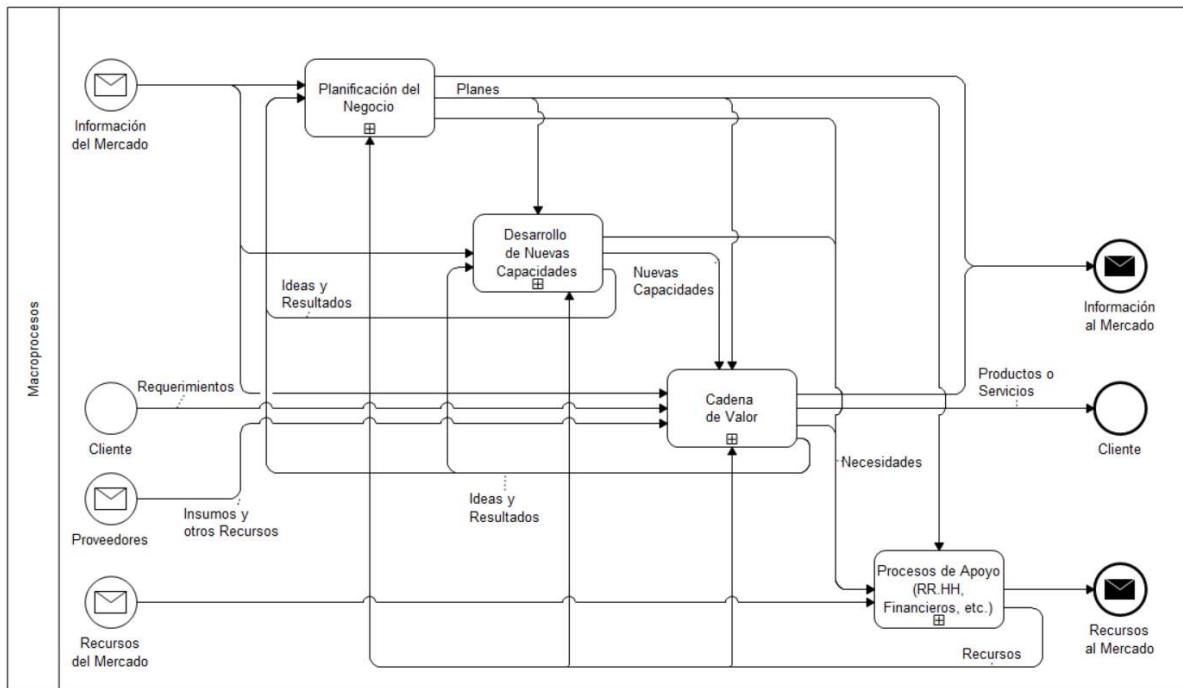
El modelo de negocios es la representación de los aspectos relevantes de la organización permiten hacer efectiva su estrategia. Para este análisis se pueden utilizar las herramientas descritas en (Osterwalder, 2004) y (Johnson et al., 2008) que tienen como eje central la propuesta de valor de la organización. El *Business Model Canvas* (Osterwalder, 2004) permite definir el modelo de negocios de una organización mediante la definición de 9 elementos de la organización y la relación entre ellos con la estrategia de la empresa.

La Arquitectura Empresarial es una estructura formal de procesos, personas, sistemas de información y soporte tecnológico que permite estar alineado a la estrategia de la empresa.

El Diseño detallado de Procesos se sustenta en modelos explícitos y formales, denominados Patrones de Negocio (PN) y Patrones de Arquitectura y de Procesos de Negocio (PPN). Estos patrones permiten definir las opciones de diseño de servicios y métodos analíticos que apoyan y pueden dar una base sólida para el diseño. (Barros, 2015, p. 23). Definir patrones de procesos permite desarrollar las mejores prácticas en diferentes dominios mediante la utilización del conocimiento acumulado. Las organizaciones pueden mejorar sus procesos partiendo de una base de conocimiento que afecta directamente el aumento de la productividad (Barros, 2004a)

El primer nivel o nivel general de los Patrones de Arquitectura y de la Ingeniería de Negocio se conocen como **Macroprocesos** y proporcionan un modelo configurable en disímiles empresas. Su diseño ha hecho posible que puedan instanciarse en distintos dominios organizacionales, aunque siempre debe ir acompañado y complementado con un diseño de procesos que permita operativizar el Modelo de Negocio. Este diseño deriva en las distintas arquitecturas dentro de la organización que en su conjunto conforman la Arquitectura Empresarial (Barros, 2015).

Los cuatro Macroprocesos son definidos por (O. Barros, 2004; O. Barros, 2015) según la arquitectura en la **Ilustración 2**:



**Ilustración 2. “Arquitectura Macroprocesos. Barros (2015)”**

**Macro 1.** Gestión, producción y provisión del bien o servicio (Cadena de Valor): se consideran todos los procesos para la producción y entrega satisfactoria de bienes y servicios pasando desde los proveedores hasta el cliente final.

**Macro 2.** Desarrollo de nuevos productos y/o servicios: son el conjunto de procesos que se realizan para desarrollar, evaluar o implementar nuevos productos y/o servicios en una empresa

**Macro 3.** Planificación del Negocio: son el conjunto de procesos que definen la estrategia de una empresa y su rumbo en el medio y largo plazo.

**Macro 4.** Procesos de apoyo: son el conjunto de procesos que manejan los recursos necesarios para el desarrollo y ejecución de las macros anteriores. Recursos financieros, humanos, materiales y de infraestructura.

Cada uno de estos Macroprocesos a su vez contienen distintos niveles de profundidad de procesos a la medida que se desciende en la arquitectura de procesos.

El apoyo a los procesos de negocio con tecnologías de la Información (TI) ayuda a integrar la estrategia de una manera más rápida y eficiente dentro de las organizaciones. El uso de analítica y la automatización de procesos permitan impactar directamente sobre el desarrollo y aumento de la productividad en las empresas.

## 2.2 Gestión de Inventarios. Modelos.

La administración de operaciones y suministros es imprescindible para cualquier organización que quiera crear una ventaja competitiva en escenarios cambiantes (Aquilano et al., 2009) (Schroeder et al., 2011). Una práctica aceptada y deseable en este ámbito es el concepto de “*just in time*” que permite, mediante su aplicación, eliminar inventarios excesivos o cualquier desperdicio de recursos, contribuyendo a mejorar y agilizar los procesos productivos. (Barros, 2004b, p. 106) La planeación, evaluación y control de los inventarios son actividades vitales para el cumplimiento de los objetivos de una empresa (Valencia Cárdenas et al., 2015) y debe estar alineada directamente con la estrategia empresarial y su importancia se encuentra descrita en numerosa bibliografía (Devarajan & Jayamohan, 2016; Ferenčíková, 2014; Hedenstierna et al., 2009; Rajeev, 2008; RathinaKumar et al., 2018; (Research Scholar, SRM University, Chennai, India) & Dhoka, 2013; Zuluaga et al., 2014)

Dentro de las razones más relevantes que tienen las organizaciones para mantener inventarios están las siguientes descritas en (Aquilano et al., 2009; Schroeder et al., 2011):

- Mantener la independencia entre las operaciones.
- Cubrir la incertidumbre en la demanda de productos y/o servicios.
- Cubrir la incertidumbre en el tiempo de entrega de los proveedores.
- Aprovechar los descuentos basados en el tamaño del pedido y costo de transacción.

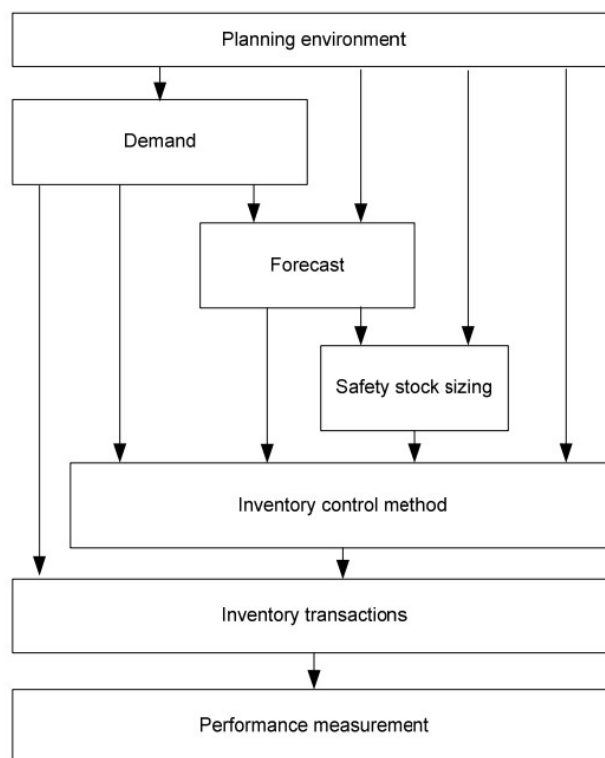
Sin embargo, cada decisión de inventario va acompañada de costos asociados los que deben ser analizados en cualquier organización que quiera tomar decisiones con sus inventarios. La estructura de costo de un inventario puede ser resumida en 4 costos importantes:

- Costo de artículo
- Costo de ordenamiento
- Costo de Mantenimiento
- Costo producto de faltantes de inventarios

El proceso de control y gestión de inventarios busca dar respuesta a tres preguntas fundamentales: la frecuencia con la que se debe revisar el estado del inventario, cuándo se debe colocar una orden y cuánto se debe pedir (Zuluaga et al., 2014) Los modelos de Gestión de Inventarios buscan resolver estas preguntas de manera que se minimicen los costos totales de inventarios y producción en un horizonte de programación. Existen diversos trabajos que han considerado esta función de optimización para los modelos Gestión de Inventarios como son (Axsäter, 1993; Bartmann & Beckmann, 1992; Cachon & Zipkin, 1999; Chen et al., 2008; Devarajan & Jayamohan, 2016; Flores et al., 1992; Hedenstierna et al., 2009; Lolli et al., 2014; Minner, 2003; RathinaKumar et al., 2018; Scholz-Reiter et al., 2012; Sethi et al., 2003; Teunter et al., 2010)

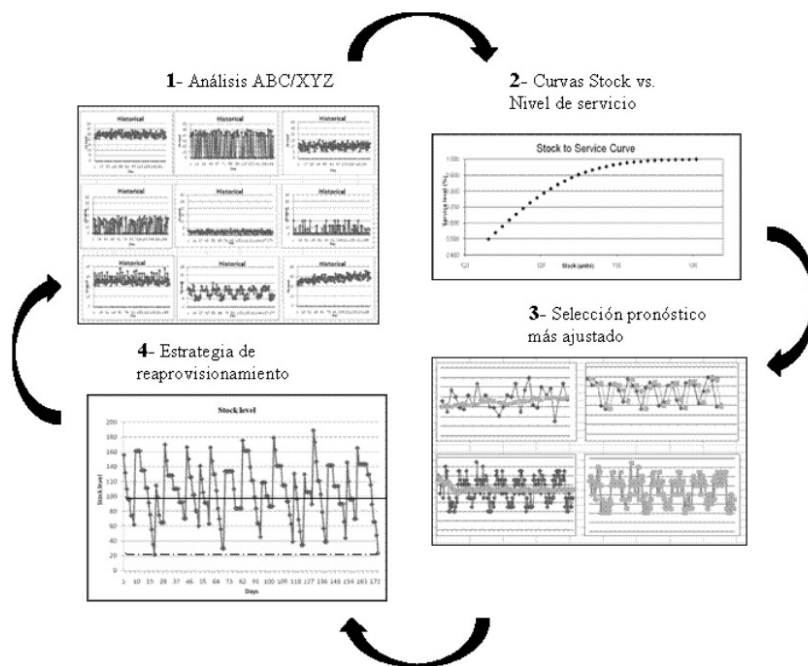


Un ejemplo de un modelo de control de inventarios que responde estas tres preguntas es el descrito en (Hedenstierna et al., 2009) el cual propone un framework que involucra desde la planificación hasta la medición de los resultados:



**Ilustración 3. “Framework para control de evaluación de Inventarios” (Hedenstierna et al., 2009)**

También (Errasti et al., 2010) propone un sistema de experto de gestión de inventarios que define una estrategia de aprovisionamiento basada en clasificación de inventarios con pronóstico de demanda basado en 4 módulos mostrados en la siguiente ilustración:



**Ilustración 4. "Módulos de Sistema Experto."(Errasti et al., 2010)**

### 2.2.1 Modelo de la Cantidad Económica de Pedido.

El Modelo de la Cantidad Económica del Pedido (*EOQ por sus siglas en inglés*) fue desarrollada por Ford W. Harris en la primera década del siglo XX y es uno de los métodos más antiguos para la gestión de inventarios (Schroeder et al., 2011; Zhu et al., 2017) Este modelo determina la cantidad óptima de una orden para un producto en específico teniendo en cuenta los costos de ordenar y de mantener el inventario. EOQ asume algunos supuestos que permiten simplificar la optimización como son:

- Costos del producto iguales en un intervalo de tiempo.
- Costos de mantenimiento relacionados linealmente con la cantidad de inventario
- Demanda constante e igual en todo el período.
- Tiempo de entrega de la orden conocido y constante.
- No existen faltantes de inventario.

La fórmula para calcular la cantidad económica de la orden es:

$$Q = \sqrt{\frac{2SD}{iC}}$$

Y deriva de minimizar la función de costo total de inventario para un período:

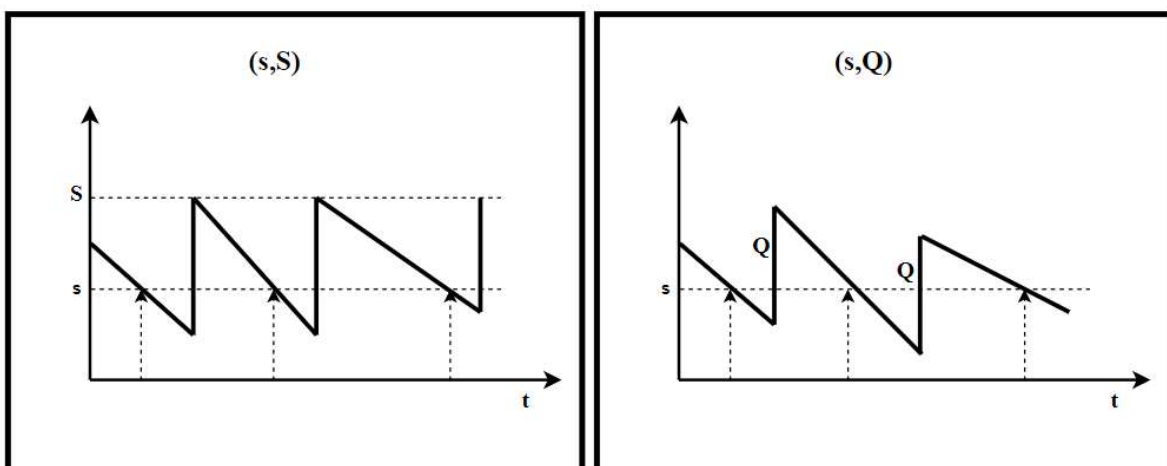
$$TC = SD/Q + iCQ/2$$

donde,

- $Q$  = cantidad a ordenar
- $D$  = demanda en unidades por unidad de tiempo
- $S$  = costo asociados a la realización de la orden
- $C$  = Costo unitario.
- $i$  = tasa de mantenimiento de inventario expresado en %
- $TC$  = total del costo de ordenamiento más el costo de mantenimiento, por unidad de tiempo

### 2.2.2 Modelos Revisión Continua.

El modelo de revisión continua controla el nivel de inventario de manera constante por lo que las decisiones deben tomarse después de ejecutada cada transacción en el inventario. Estos modelos se dividen en dos sistemas diferentes que son: Punto de reorden con Cantidad fija ( $s, Q$ ) y Punto de reorden con Cantidad máxima ( $s, S$ ); los cuáles contienen los mismos supuesto que el modelo EOQ salvo los de demanda constante y faltantes de inventarios. (Schroeder et al., 2011; Zuluaga et al., 2014) En el cada uno de los sistemas existe un punto de reorden ( $s$ ) que una vez alcanzado la posición de inventario por debajo del mismo que se debe ordenar y la diferencia entre ambos sistemas es que en el primero se ordena una cantidad  $Q$  asociada al modelo de EOQ y en el segundo se ordena una cantidad Máxima que está asociada al nivel de inventario máximo ( $S$ ) que se quiera mantener. **(Ilustración 5)**

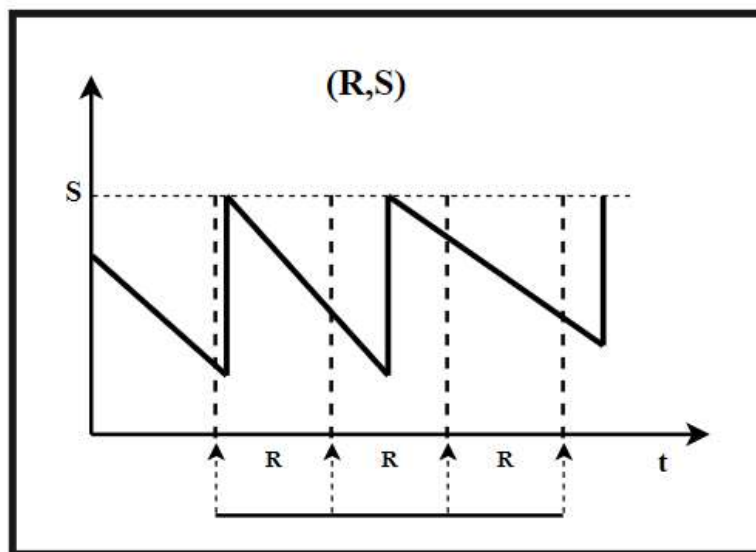


**Ilustración 5. “Políticas de inventario ( $s, S$ ) y ( $s, Q$ ).”**

El sistema de revisión periódica (Sistema Q) se usa en artículos que por su alto costo es deseable mantener un bajo stock de seguridad garantizando una menor inversión. La diferencia notable es este caso es el comportamiento de la demanda debido a que la cantidad a pedir es fija por lo que una variación de la demanda de manera significativa implica tener quiebres de stock (Aquilano et al., 2009; Schroeder et al., 2011)

### 2.2.3 Modelos Revisión Periódica.

En el modelo de revisión periódica, la posición del inventario se revisa en intervalos fijos de tiempo. La posición del inventario se ordena en función de un inventario fijado como meta cada vez que se realiza la revisión de este. El nivel fijado como meta se calcula para que permita cubrir la demanda del *ítem* hasta la siguiente revisión teniendo en cuenta el tiempo de espera de entrega de la orden. La cantidad de la orden se calcula como la cantidad necesaria para colocar la posición del inventario en su nivel fijado como meta. El modelo de revisión periódica suele denominarse **sistema P** o sistemas revisión fija ( $R, S$ ). (Schroeder et al., 2011; Zuluaga et al., 2014) donde  $R$  representa el intervalo de tiempo fijado para la revisión del inventario (*Ilustración 6*)



*Ilustración 6. "Política (R, S) Revisión periódica."*

El sistema P es recomendable utilizarlo para el control de los artículos poco costosos cuyo nivel de inventario no debe ser controlado de una manera tan rigurosa o cuando los pedidos deben colocarse o entregarse de manera sistemática (Schroeder et al., 2011). En este modelo la demanda debe ser pronosticada y revisada en cada período de tiempo siempre y cuando se justifique. Además, se sugiere considerar mayor

inventario de seguridad que permita no tener quiebres de stock significativos que afecten el desempeño de la producción y/o pérdida de ventas de productos o servicios.

#### **2.2.4 Análisis Multivariados. ABC-XYZ.**

Según (Scholz-Reiter et al., 2012) la clasificación de los artículos de un inventario es de gran importancia para gestionar la cadena de suministro en empresas industriales. La clasificación nos permite identificar el inventario y poner la debida atención sobre cada uno sus elementos para poder realizar una gestión adecuada (RathinaKumar et al., 2018). También permite determinar estrategias en la planificación para mejorar en la utilización acertada de los recursos y la reducción del desperdicio.

#### **2.2.5 Análisis ABC.**

El análisis ABC, también conocido como uso anual de dólares, es una de las técnicas más utilizadas para clasificar los elementos de un inventario según varios autores (Chen et al., 2008; Flores et al., 1992; Kefer et al., 2016; Lolli et al., 2014; Ramanathan, 2006) Este método puede ser aplicable también a la clasificación de proveedores (Kefer et al., 2016) y basa el análisis en el principio de Pareto: una pequeña proporción de elementos del inventario representa la mayoría del costo acumulado del mismo (Andersson & Molin, 2017; Chen et al., 2008; Ramanathan, 2006; RathinaKumar et al., 2018). Para realizar la clasificación de los elementos del inventario se calcula el costo de un elemento como la cantidad utilizada por el valor del elemento en un período de tiempo.

Sin embargo, tener en cuenta esta clasificación como único criterio puede ser inapropiado en algunas circunstancias ya que pueden existir artículos que tengan alto costo anual pero que no son tan importantes para la operación de la empresa. Al mismo tiempo, centrarse solo en un costo de alto valor puede subestimar los elementos de bajo costo que son importantes para la operación, por lo que puede llevar a la empresa a administrar de mala manera sus inventarios (Flores et al., 1992).

#### **2.2.6 Análisis XYZ.**

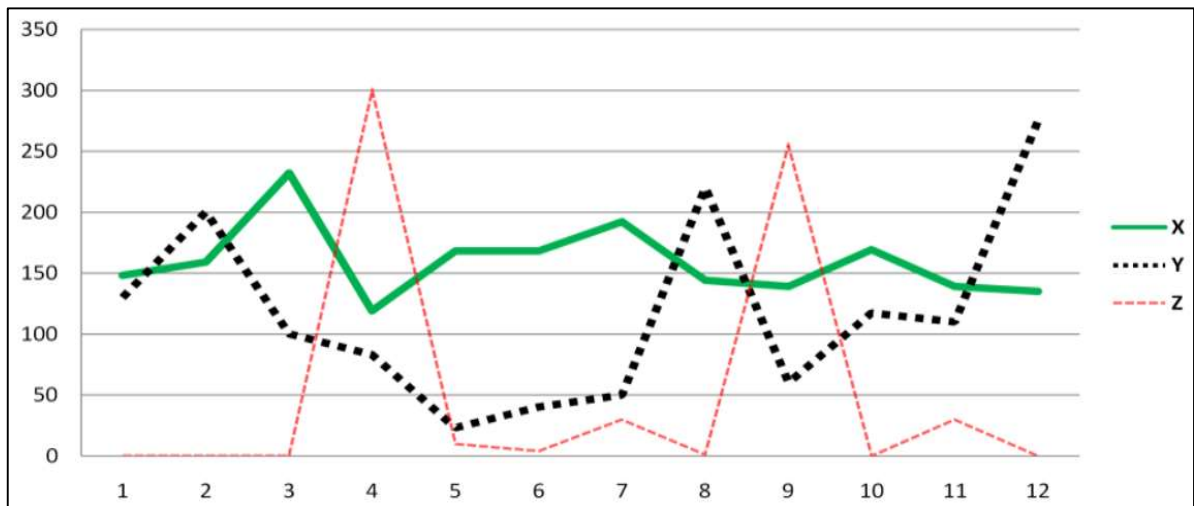
El análisis XYZ es otro tipo de clasificación de inventarios donde se clasifica los elementos de acuerdo con las fluctuaciones del consumo de estos en un período de tiempo. Este análisis se encuentra descrito en la literatura por varios autores (Andersson & Molin, 2017; Pandya & Thakkar, 2016; Scholz-Reiter et al., 2012; Stojanović & Regodić, 2017; Z. Zenkova & T. Kabanova, 2018) y se basa en el cálculo del coeficiente de varianza de un elemento teniendo en cuenta un período de tiempo. Cada elemento es clasificado en uno de los tres grupos X, Y o Z teniendo en cuenta el coeficiente de variación:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu}$$

Donde:  $\sigma$  es igual a la varianza y  $\mu$  representa el valor medio o valor esperado.

El coeficiente de variación se utiliza como coeficiente de comparación dado que es independiente de la escala o unidad de medida utilizada para describir la demanda de diferentes SKU. La única restricción del coeficiente de variación es que los valores de varianza o valor medio deben ser positivos para poder comparar las distintas distribuciones.

Para la clasificación se fijan dos niveles de  $CV$  que permiten clasificar en 3 clases ( $X$ ,  $Y$  y  $Z$ ) Los elementos clasificados como  $X$  contienen a los SKU con una demanda estable y son representados por un bajo coeficiente de variación por lo que puede pronosticarse su consumo con un buen grado de precisión. Los elementos  $Y$  no cuentan con mucha estabilidad en la demanda por lo que la curva es más discontinua y la precisión en los pronósticos es menor. Por último, los elementos  $Z$  son el grupo que presentan demanda estacional con variaciones en niveles de consumo que afectan el pronóstico.



**Ilustración 7. "Patrones XYZ de consumo"**

### **2.2.7 Análisis Multivariados. Multi-Criteria Inventory Classification (MCIC).**

Varios autores (Chen et al., 2008; Flores et al., 1992; Lolli et al., 2014; Ramanathan, 2006) coinciden en que el uso del análisis ABC, a pesar de ser ampliamente utilizado, no deriva en una clasificación completamente adecuada para los inventarios si se utiliza como único criterio. Otros factores como costo de inventario, criticidad, tiempo de entrega, obsolescencia, número de solicitudes en un año, durabilidad, capacidad de almacenamiento, distribución de demanda, escasez y costo de penalización por desabastecimiento pueden ser tan importantes como la clasificación ABC, por lo que la propuesta de un análisis multivariado se considera necesario en el entorno de las organizaciones actuales.

En el análisis multivariado uno de los puntos que se debe tener en cuenta es no complicar irrazonablemente el proceso de gestión. Es necesario incorporar múltiples criterios teniendo en cuenta las características de los inventarios que son relevantes para la empresa y mantener tener un conjunto simple de políticas de inventario que sean razonables al negocio (Flores et al., 1992) El uso de categorías adicionales basadas en la comprensión del negocio y otras características propias de los elementos del inventario pueden mejorar el análisis de la política de inventario y generar ventajas competitivas a la organización (Capkun et al., 2009; Ferencíková, 2014; Flores et al., 1992; Rajeev, 2008)

### **2.3 Pronósticos de Demanda. Métodos cuantitativos.**

Uno de los aspectos más importantes de los modelos de inventarios es el tratamiento dado a la demanda. (Valencia Cárdenas et al., 2015) Los pronósticos de demanda son vitales para sostener una organización y favorecer la toma de decisiones de parte de la gerencia (Aquilano et al., 2009, p. 468) La organización utiliza los pronósticos para tomar decisiones periódicas que comprenden la selección de procesos, la planeación de las capacidades y la distribución de las instalaciones, así como para tomar decisiones continuas acerca de la planeación de la producción, la programación y el inventario.

Los pronósticos sirven como *insumo* para la planificación y control de los procesos de negocios en muchos ámbitos (Schroeder et al., 2011, p. 239) El control de inventarios implica la toma de decisiones de inventarios que resultan en acciones de compras a corto plazo con productos específicos. Los pronósticos que se utilizan para estas decisiones deben tener un alto grado de exactitud y de especificación para productos individuales. En las decisiones de inventarios en empresas productivas, como consecuencia de la utilización de muchos artículos dentro de la operación, será necesario contar con un apoyo tecnológico que permita generar cada uno de los análisis de manera rápida.

Los pronósticos de demanda se pueden clasificar en: métodos cuantitativos y cualitativos (Aquilano et al., 2009, p. 469). Los métodos cuantitativos tienen como base un modelo matemático fundamental para llegar a un pronóstico de demanda. El pronóstico se calcula basado en los datos históricos y los patrones de esos datos que permiten una predicción confiable del comportamiento futuro. Existen dos tipos de métodos cuantitativos de pronóstico: el análisis de series de tiempo y los pronósticos causales.

El análisis de series de tiempo utiliza la información pasada para crear un modelo de pronóstico. El horizonte de tiempo de pronóstico es usualmente dividido en la literatura en corto (menor a 6 meses), mediano (menor a 2 años y mayor de 6 meses) y largo plazo (mayor de 2 años). El modelo de pronóstico que se debe utilizar depende de (Schroeder et al., 2011, p. 474):

1. El horizonte de tiempo que se va a pronosticar.

2. La disponibilidad de los datos.
3. La precisión requerida.
4. El tamaño del presupuesto de pronóstico.
5. La disponibilidad de personal calificado.

En la siguiente tabla se describen algunos métodos de pronóstico por series de tiempo teniendo en cuenta el grado de exactitud en los diferentes plazos, su uso en aplicaciones y el costo de implementación para realizar el pronóstico (Schroeder et al., 2011)

**Tabla 2 Métodos de Pronóstico de series de tiempo**

Métodos de series de tiempo	Descripción del método	Aplicaciones	Exactitud			Identificación de los puntos inflexión	Costo relativo
			A corto plazo	A mediano plazo	A largo plazo		
1. Promedios móviles	El pronóstico se basa en un promedio aritmético o en un promedio ponderado de un número determinado de puntos de datos históricos.	Planeación a corto y mediano plazos para los inventarios, niveles de producción y programación. Es eficaz para muchos productos.	Deficiente a buena	Deficiente	Muy deficiente	Deficiente	Bajo
2. Suavización exponencial	Similar a los promedios móviles, pero se otorga un mayor peso exponencial a los datos recientes. Se adapta muy bien al uso de computadoras y cuando hay un alto número de elementos que deben pronosticarse.	Lo mismo que un promedio móvil.	Regular a muy buena	Deficiente a buena	Muy deficiente	Deficiente	Bajo
3. Modelos matemáticos	Un modelo lineal o no lineal que se ajusta a datos de series de tiempo, de ordinario a través de métodos de regresión. Incluye líneas de tendencia, polinomios, logaritmos no lineales, series de Fourier, etcétera.	Lo mismo que un promedio móvil, pero limitado, debido a los gastos inherentes, a unos cuantos productos.	Muy buena	Regular a buena	Muy deficiente	Deficiente	Bajo a mediano
4. Box-Jenkins	Los métodos de autocorrelación se utilizan para identificar las series de tiempo fundamentales y para ajustar el <i>mejor</i> modelo. Requiere de cerca de 60 puntos de datos históricos.	Limitado, debido a los gastos inherentes, a productos que requieren de pronósticos muy exactos a corto plazo.	Muy buena a excelente	Regular a buena	Muy deficiente	Deficiente	Mediano a alto

Fuente: Reimpreso con permiso de *Harvard Business Review*. La tabla fue adaptada de David M. Georgoff y Robert Murdick, "Manager's Guide to Forecasting", *Harvard Business Review*, enero-febrero de 1986, pp. 110-120.

### 2.3.1 Suavizado Exponencial.

El suavizado exponencial es un método de pronóstico de series de tiempo que se basa en el cálculo de un pronóstico teniendo en cuenta que el comportamiento más reciente es más importante que datos muy antiguos cuando se pretende pronosticar el comportamiento futuro. De esta manera se suaviza exponencialmente los datos pasados de manera exponencial mediante un factor  $\alpha(1 - \alpha)^n$   $n \in \mathbb{Z} n \geq 0$  donde  $n = 0$  para la observación más reciente y va incrementando en la medida que la observación es más antigua.

Este método tiene seis razones principales por la que es ampliamente utilizado (Aquilano et al., 2009, p. 477)

1. Son precisos.
2. Relativamente fáciles de formular.



3. Fácil de entender por los usuarios.
4. Se precisa de pocos cálculos a realizar.
5. El almacenamiento de datos históricos es bajo.
6. Las pruebas de precisión relacionadas con el desempeño del modelo son fáciles de calcular.

El suavizado exponencial utiliza solamente tres datos para realizar el pronóstico futuro ( $F_t$ ): el pronóstico más reciente ( $F_{t-1}$ ), la demanda real ( $A_{t-1}$ ) y la constante de uniformidad ( $\alpha$ ) donde:  $0 < \alpha < 1$ . Esta constante determina la rapidez con que el pronóstico se adapta a las diferencias de la demanda reales versus el pronóstico. La ecuación matemática que describe el pronóstico mediante suavizado exponencial es la siguiente:

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

### **2.3.2 Media Móvil Simple.**

Los promedios o medias móviles son un modelo de pronóstico que utiliza el promedio de  $n$  intervalos de tiempo pasados para generar un pronóstico futuro ( $F_t$ ). Cuando ocurre la demanda, se desecha la observación del intervalo más antiguo y se vuelve a calcular el promedio de  $n$  intervalos más recientes. La ecuación siguiente describe la forma del cálculo:

$$F_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{t-i}$$

A medida que se utilice una gran cantidad de intervalos de tiempo más lento responde el pronóstico a los cambios de la demanda, sin embargo, la respuesta es más uniforme a los elementos aleatorios. Se debe analizar y considerar utilizar un intervalo de tiempo que sea acorde con las características de la demanda a pronosticar.

### **2.3.3 Regresión lineal.**

La regresión lineal es un modelo de pronóstico de series de tiempo en la que la relación entre las variables es una recta. La recta de la regresión lineal tiene la forma:  $y = mx + n$ , donde  $y$  es el valor de la variable dependiente,  $x$  la variable independiente,  $n$  es la secante y  $m$  es la pendiente. Para el análisis de series de tiempo con regresión lineal la variable dependiente es la demanda y la variable independiente son los intervalos de tiempo.

Para la estimación de los parámetros de la pendiente y la secante se utiliza la aproximación por mínimos cuadrados mediante las siguientes ecuaciones:

$$n = \bar{y} - m\bar{x}$$

$$m = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2}$$

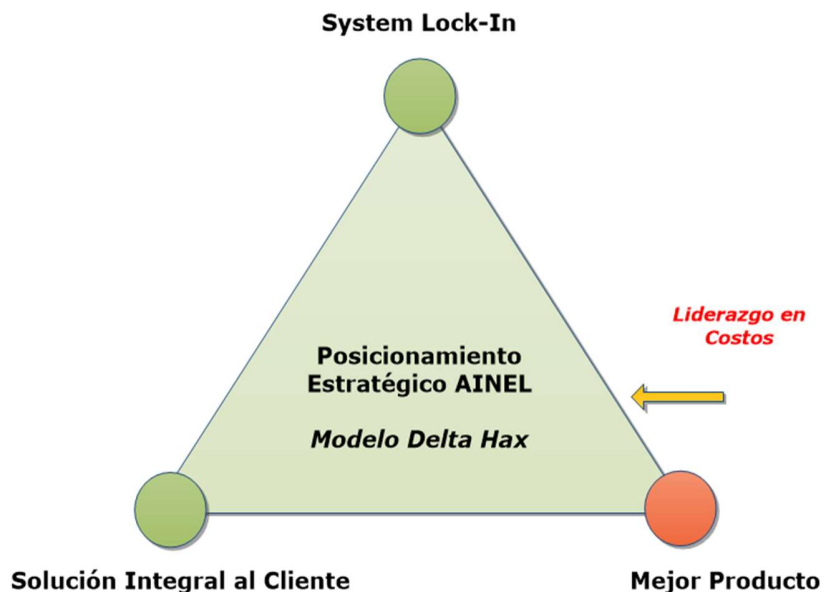
La regresión lineal es útil para el pronóstico a largo plazo de eventos importantes, así como la planeación agregada (Aquilano et al., 2009, p. 484) pero su principal deficiencia es que considera que la demanda se comporta como una recta por lo que se deben tratar de considerar en el pronóstico intervalos de tiempos que puedan tener un comportamiento lineal.

## CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO Y MODELO DE NEGOCIOS

### 3.1 Posicionamiento Estratégico

Proyectos de Ingeniería y Obras AINEL LTDA es una empresa que basa su estrategia en entregar un buen servicio a bajo costo. La propuesta de valor de la empresa es: “Entregar servicios de ingeniería y obras eléctricas, cumpliendo estándares de seguridad y calidad al mejor precio”. Como proveedor de servicios de ENEL es primordial la competencia por precios para ganar licitaciones de servicios y generar crecimiento. Al tener dependencia de un solo cliente su estrategia también está alineada con mantener a ENEL como cliente clave.

Basándose en el Modelo Delta (A. Hax & Wilde, 2003) Ilustración 8, la posición estratégica de AINEL es Mejor Producto mediante Liderazgo Costos. Sin embargo, la estrategia de la empresa también tiene una componente estratégica de Solución Integral al cliente para mantener a ENEL como cliente clave. Al ser muy regulados técnicamente los servicios que entrega AINEL, con normas y estándares de seguridad definidos por su mandante, el valor agregado se encuentra enfocado en la eficiencia en el desarrollo de sus servicios.



**Ilustración 8. “Modelo Delta. Posicionamiento Estratégico.”**

AINEL cuenta con un Sistema de Gestión Integrado que actualmente realiza gestión de 3 objetivos estratégicos mediante los siguientes indicadores:

**1. Entregar un servicio de calidad y lograr la satisfacción de nuestros clientes.**

- Devolución de Proyectos por calidad, menor a 2,5 % de proyectos devueltos
- Atrasos de Proyectos, menor a 15% de proyectos atrasados.
- Satisfacción del cliente, 90 % de cumplimiento de los proyectos

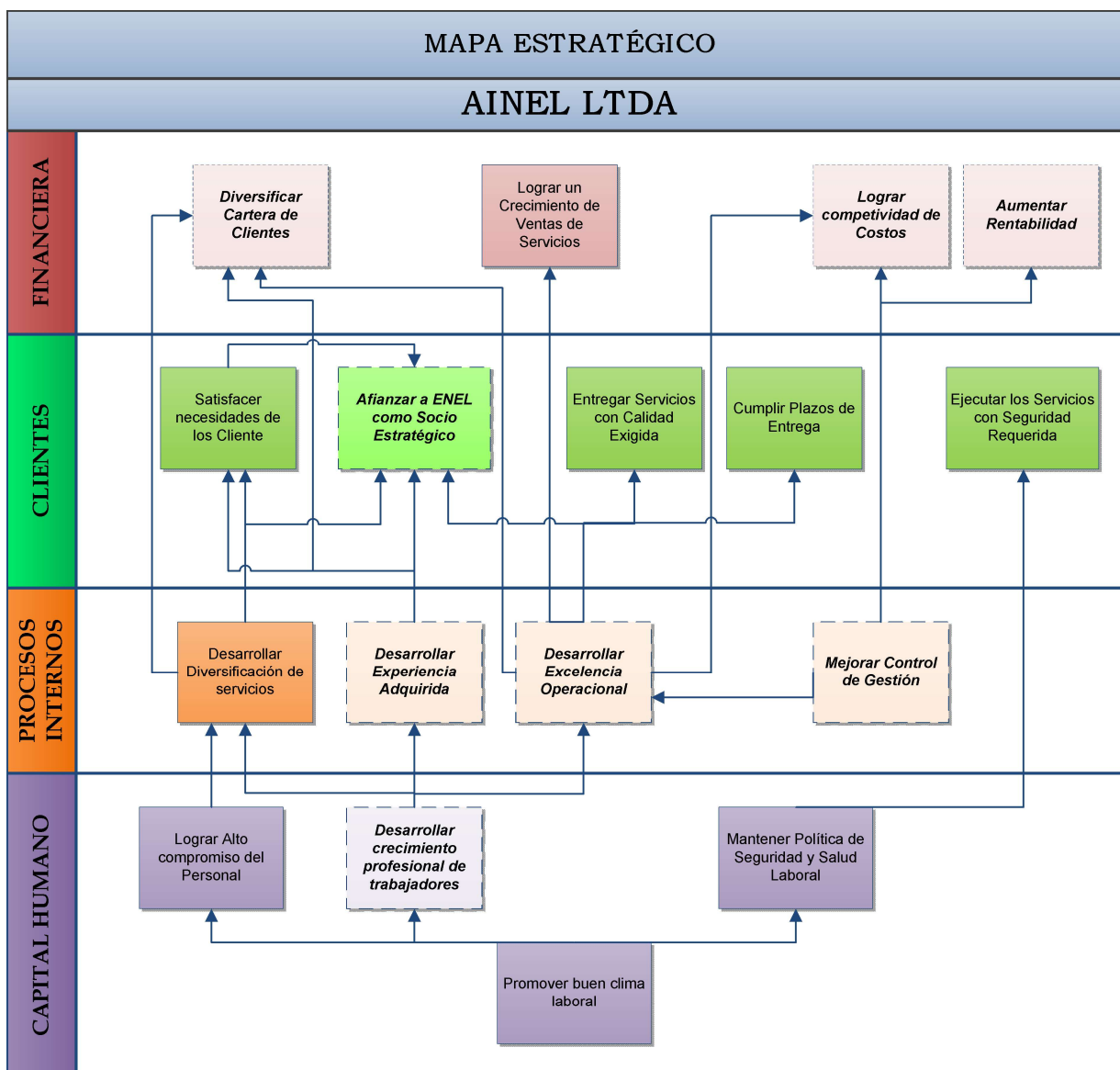
**2. Lograr el crecimiento en la gestión global de la empresa**

- Incremento en las ventas, mayor a 10% respecto del año anterior.

**3. Mantener una cultura con la prevención de riesgos en todos los niveles de la organización**

- Cantidad de accidentes con tiempo perdido, 0 anuales.

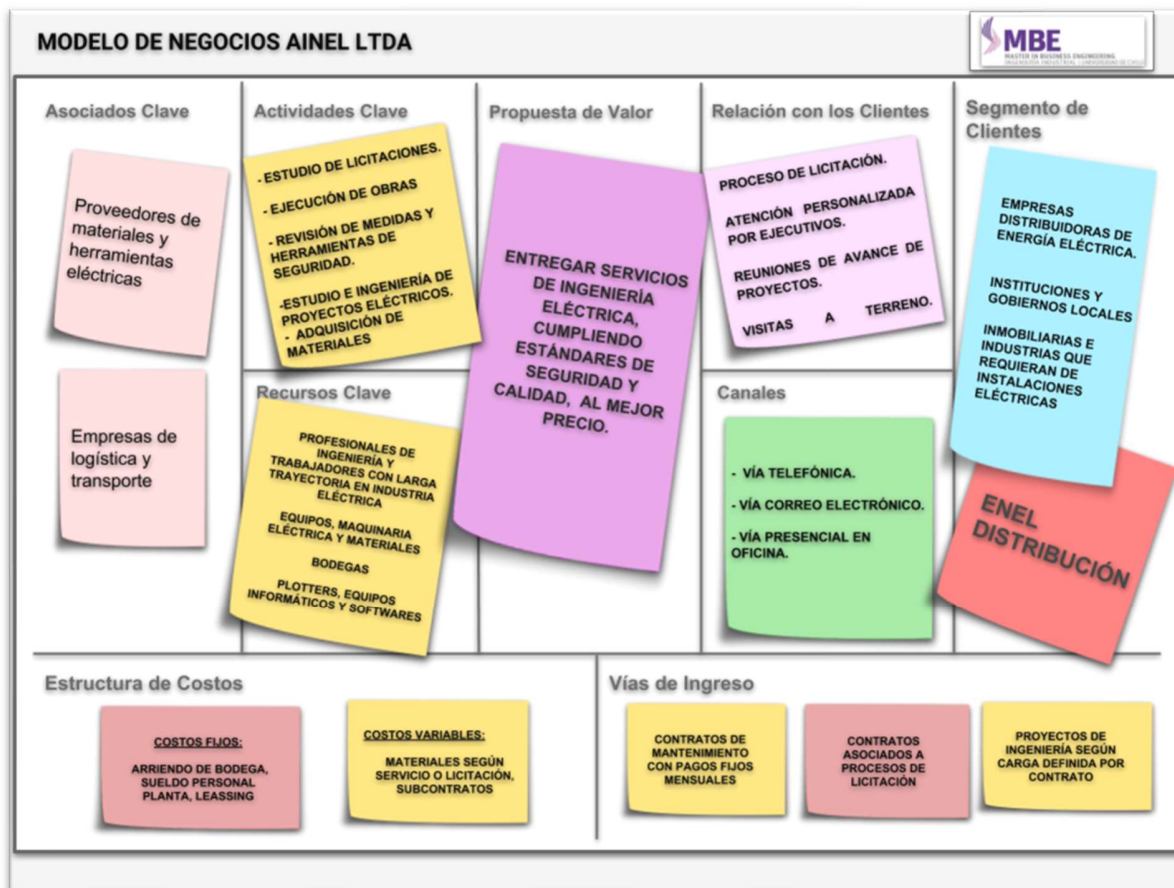
Mediante un análisis realizado en reuniones para actualización del Sistema de Gestión Integrado en 2018, se pudo identificar y definir con la gerencia el mapa estratégico de AINEL mediante la utilización de la herramienta Balanced Score Card (Kaplan S. & Norton P., 1996) En la **Ilustración 9** se adjunta mapa estratégico de la empresa AINEL, en cuál se identificaron los objetivos estratégicos que tienen un seguimiento dentro del Sistema de Gestión actual y los objetivos propuestos para integrar durante el año 2019 (línea discontinua) según sus lineamientos estratégicos considerados en el proceso de análisis.



**Ilustración 9. “Mapa Estratégico AINEL 2019.”**

### 3.2 Modelo de Negocios

Para el análisis de la empresa AINEL se conceptualizó el modelo de Negocios basado en la “Metodología Canvas”(Osterwalder, 2004). La Metodología Canvas plantea 9 puntos relevantes para desarrollar un Modelo de Negocios los cuales se resumen en la Ilustración 10:



**Ilustración 10. “Modelo de Negocios AINEL LTDA.”**

### 1. Propuesta de valor:

La propuesta de valor de AINEL LTDA es: “Entregar servicios de Ingeniería y Obras eléctricas, cumpliendo estándares de seguridad y calidad al mejor precio”.

El conocimiento de las Obras y Proyectos relacionados con las empresas distribuidoras eléctricas diferencia a AINEL de otras empresas de montaje eléctrico debido al conocimiento adquirido de los estándares de seguridad, operaciones y calidad de las compañías distribuidoras que se han mantenido por más de 12 años.

### 2. Segmento de clientes:

Se identifica en la empresa AINEL los siguientes segmentos de clientes:

- Empresas de distribución de la energía eléctrica.
- Instituciones gubernamentales y/o gobiernos locales.
- Inmobiliarias e industrias que requieren de instalaciones eléctricas.

Los principales contratos que cuenta AINEL LTDA son con ENEL DISTRIBUCIÓN y Empresa Eléctrica de Colina (E.E.C.) que representan el 90% de todas sus ventas anuales (DEFONTANA ERP, 2018). Actualmente la empresa se encuentra operando con tres contratos correspondientes a construcción de obras y urbanizaciones aéreas y/o subterráneas, y tres contratos de Mantenimiento de Alumbrado Público para las comunas de Lampa, Huechuraba y Providencia. Cuenta además con un contrato de Proyectos de Ingeniería para FRONTEL (Región de Araucanía, Temuco) empresa distribuidora del grupo SAESA.

### **3. Canales:**

Los canales de comunicación establecidos para la entrega de nuestra propuesta de valor están asociados con los distintos segmentos de clientes, dependiendo de las necesidades. Con ENEL distribución se hacen reuniones periódicas para revisar los contratos adjudicados por AINEL con las distintas Áreas de ENEL. Esta comunicación se canaliza a través de los diferentes Administradores de Contratos mediante vía telefónica, vía correo electrónico, vía presencial en oficinas de AINEL u oficinas del ENEL.

Para los otros segmentos de Clientes se realizan mediante vía telefónica, vía correo electrónico, vía presencial. Se utiliza también un sitio web donde se encuentran definidos los contactos y principales servicios ofrecidos por AINEL.

### **4. Relación con clientes:**

La relación con los clientes es un elemento esencial para AINEL debido a su alta dependencia de un único cliente. La Gerencia y los mandos Medios generan una atención personalizada con los ejecutivos de ENEL mediante la participación en conjunto en procesos de licitación, visitas técnicas a terreno, retroalimentación de avances en las oficinas del mandante. En cada una de estas actividades la planta ejecutiva de AINEL realiza un proceso de fidelización con el cliente mediante las competencias técnicas y resoluciones de problemas *in situ*.

### **5. Actividades claves:**

Para el cumplimiento y desarrollo de la propuesta de valor hacia sus clientes la empresa AINEL cuenta con actividades claves que definen el núcleo más importante de los servicios prestados.

**Estudio de adjudicación de licitaciones:** Se realizan análisis y evaluaciones económicas de distintas licitaciones de manera constante según los requerimientos de nuestro cliente. Esto permite tener una mayor probabilidad de asignación de trabajos o contratos.

**Revisión de medidas y herramientas de seguridad:** La revisión diaria y exhaustiva de las herramientas y medidas de seguridad es de vital importancia ya que cualquier accidente o incidente puede significar una pérdida de contratos o trabajos asignados. Nuestro cliente pone sus ojos que cada una de las faenas se realicen con el mayor estándar de seguridad posible que es exigido de forma contractual.

**Ejecución de Obras:** es una de las actividades que generan valor para nuestros clientes finales. Se encuentran dentro de ella todos los procesos de construcción y mantenimiento de redes eléctricas.

**Estudio de ingeniería de proyectos:** es otra actividad fundamental que permite complementar nuestro servicio con Proyectos de Ingeniería para Empresas Distribuidoras y genera valor directamente al cliente.

**Adquisición de materiales:** la actividad de adquisición de materiales es fundamental para generar los avances de obras y evitar posibles atrasos en los tiempos comprometidos con el cliente.

## **6. Recursos clave:**

Para realizar las actividades claves AINEL cuenta con una planta de Ingenieros y Projectistas que poseen gran experiencia en la realización de los servicios. La especialización en Redes de Distribución es una característica común en todos los perfiles profesionales de la empresa, así como licencias clase A de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (S.E.C.).

Cuenta además con un personal de terreno altamente capacitado y especializado tanto en temas técnicos como de seguridad que poseen todos los equipos y herramientas necesarias para realizar sus trabajos con calidad y seguridad.

La empresa cuenta cuadrillas con camiones hidroelevadores, camiones grúa y cuadrillas ligeras, así como una infraestructura logística que permite dar un servicio con los estándares solicitados por el cliente.

Se consideran además recursos claves la infraestructura tecnológica que permite desarrollar labores de Ingeniería y entrega de planos en menor tiempo. Se cuentan con una plataforma de Gestión de Entrega de Proyectos De Ingeniería y con un sistema ERP (Defontana) que permite una integración de las áreas de Adquisiciones y Contabilidad mediante Centros de Costos. También están definidas las políticas para respaldo de la información de las distintas Áreas de AINEL en los servidores de la empresa.



## 7. Asociados clave:

Se consideran cómo asociados claves los proveedores de materiales y herramientas eléctricas. Los materiales significan una gran parte de los costos de las Obras y las herramientas utilizadas deben ser certificadas y homologadas por el cliente.

Se consideran además proveedores logísticos y de mantenimiento de vehículos especiales como los camiones hidroelevadores y camiones grúa que permiten operar con los requisitos exigidos por ENEL y los demás clientes

## 8. Estructura de costos:

La estructura de Costos se basa en los siguientes aspectos:

- **Costos fijos:** Arriendo de bodega, sueldo personal planta, leasing corporativo para vehículos, servicios básicos
- **Costos Variables:** Materiales que se generan por los diferentes trabajos asignados o licitación, pagos a subcontratos especializados en Líneas Energizadas. Los informes de control de Gestión muestran **que el 30% aproximadamente del costo de un servicio está en los materiales**<sup>4</sup>

## 9. Vías de ingreso:

Las principales vías de ingreso se encuentran asociadas a:

- Contratos de mantenimiento con pagos fijos mensuales: Contratos a suma alzada por un tiempo determinado que tienen un pago fijo mensual.
- Contratos asociados a licitaciones: Montos asociados a trabajos descritos en las licitaciones internas de ENEL o externas que son estudiados con anterioridad.
- Proyectos de ingeniería según carga definida por contrato: Asignaciones de órdenes de trabajo para realizar Proyectos de Ingeniería según volúmenes fijos asignados en contratos.

### 3.3 Relación con posicionamiento estratégico.

El Modelo de Negocio de AINEL se encuentra enfocado en satisfacer las necesidades de nuestro principal cliente mediante la estrategia de ser líder en costos cumpliendo todos los requerimientos exigidos por nuestros clientes. Las actividades claves se encuentran enfocadas en cumplir los costos y estándares de calidad y seguridad necesarios para realizar trabajos para empresas Distribuidoras de Energía Eléctrica y

---

<sup>4</sup> Informe de Materiales 2018 (Departamento Control de Gestión AINEL LTDA, 2018)

particularmente ENEL. Estas actividades permiten mantener la seguridad laboral que es un indicador clave para nuestro asociado clave además de mantener toda la operación necesaria para entregar el servicio de una mejor manera a los clientes finales de ENEL. La relación con el cliente, a pesar de no estar estructurada dentro de la empresa, permite fidelizar al cliente y generar una dependencia de nuestros servicios; mediante la ampliación de los servicios brindados y la alta competencia del personal de planta que ha permitido posicionar a AINEL como una empresa que entrega un producto de calidad de manera segura.

## CAPÍTULO 4: ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL

---

Para el rediseño del proceso de Adquisiciones y Bodega de AINEL se utiliza la metodología de Ingeniería de Negocios (Barros, 2011) teniendo en cuenta las diferentes etapas:

- Posicionamiento Estratégico
- Modelo de Negocios
- Diseño de Arquitectura Empresarial
- Diseño detallado de Procesos, Diseño de Apoyo TI
- Construcción, Implementación y Operación.

Para el análisis de la situación actual se consideran los Patrones de Arquitectura de Procesos de Negocios. Estos patrones nos permiten instanciar la Arquitectura empresarial para definir las opciones del rediseño del proceso.

### 4.1 Diagnóstico de la Situación Actual

Para el diagnóstico de la situación actual de AINEL LTDA se utilizó la herramienta conocida como 5W+1H. Esta herramienta ayuda a identificar cualquier condición que provoque un problema en diversos ámbitos y en sus inicios fue difundida dentro del área de periodismo ya que es una herramienta básica en compilación y presentación de la información. La notación 5W+1H vienen del inglés y representa 5 preguntas básicas (**W**) que deben ser respondidas para una situación problemática: *Who*, *What*, *Where*, *When*, *Why* (quién, qué, dónde, cuándo, por qué), también se incluye la H, *How much*.

- **¿What?** ¿Qué es el problema? ¿Que está mal?
- **¿Why?** ¿Por qué sabemos que es un problema?
- **¿Where?** ¿Dónde ocurre? ¿Dónde se presenta el problema?
- **¿When?** ¿Cuándo ocurre? ¿Cuándo pasó por primera vez?
- **¿Who?** ¿Quién o donde lo dice? ¿Cómo lo sé?
- **¿How Much?** ¿Qué magnitud tiene el problema?

El uso de esta herramienta en reuniones gerenciales y de coordinación durante el año 2018 permitió describir un conjunto de problemáticas encontradas en la empresa. La siguiente tabla muestra el resumen en donde se extrajeron las “**W**” comunes a todas las problemáticas:

**WHEN:** año 2018

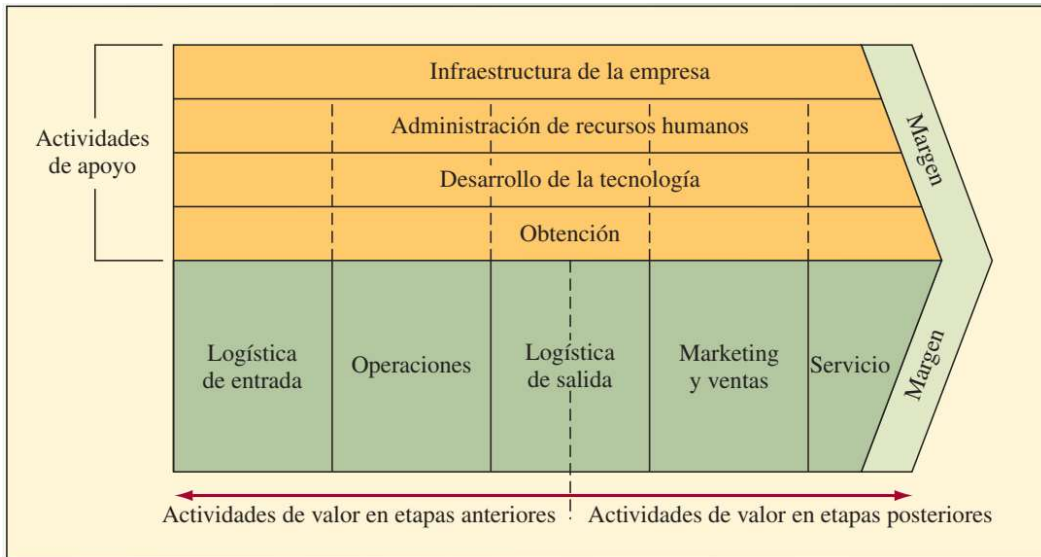
**WHERE:** Línea de Negocio Obras, Ingeniería y Mantenimiento Eléctrico de AINEL LTDA

**Tabla 3 " Análisis de Problemas con Herramienta 5W+1H"**

WHAT	WHY	WHO	HOW
<b>Disminución de % Rentabilidad</b>	Reducción vs 2017	Revisión de Estados de Resultados	14% Disminución
<b>Reclamos Internos hacia Adquisiciones y Bodega</b>	Aumentos vs 2017	Reuniones Coordinación. Entrevistas	Sin Estimar
<b>Aumento de Pedidos de Materiales Urgentes</b>	Aumento vs 2017	Revisión de Informes ERP	40% Requerimientos Urgentes
<b>Aumento de Horas Extras Trabajadas</b>	Aumento % Horas Extras	Informe de RRHH	Aumento 15% desde julio de 2018
<b>Pérdida de Proyectos en Ejecución</b>	8 proyectos traspasados a otro proveedor ENEL	Informe de Jefe de Área Operaciones	\$200MM en Ventas perdidas
<b>Reclamos de Calidad Área de Obras Civiles (OCCC)</b>	Aumento reclamos con Observaciones Mayores	Reuniones de Coordinación. Correos de Clientes	60% de Obras en Ejecución
<b>Impagos a Proveedores Materiales</b>	15 proveedores con Créditos Impagos durante el año	Informe de Contabilidad y Adquisiciones	5-10 días sin servicios de Proveedor

Cada una de estas problemáticas encontradas en Obras se relacionan con gestión operacional que impacta directamente en los costos asociados a los servicios de AINEL y afectan directamente en el posicionamiento estratégico de la empresa (Mejor Producto por liderazgo de costos). Estas problemáticas también se encuentran estrechamente ligadas al proceso de crecimiento experimentado por AINEL durante los períodos de 2017 y 2018 los cuáles no fueron debidamente planificados por la Gerencia de la Empresa.

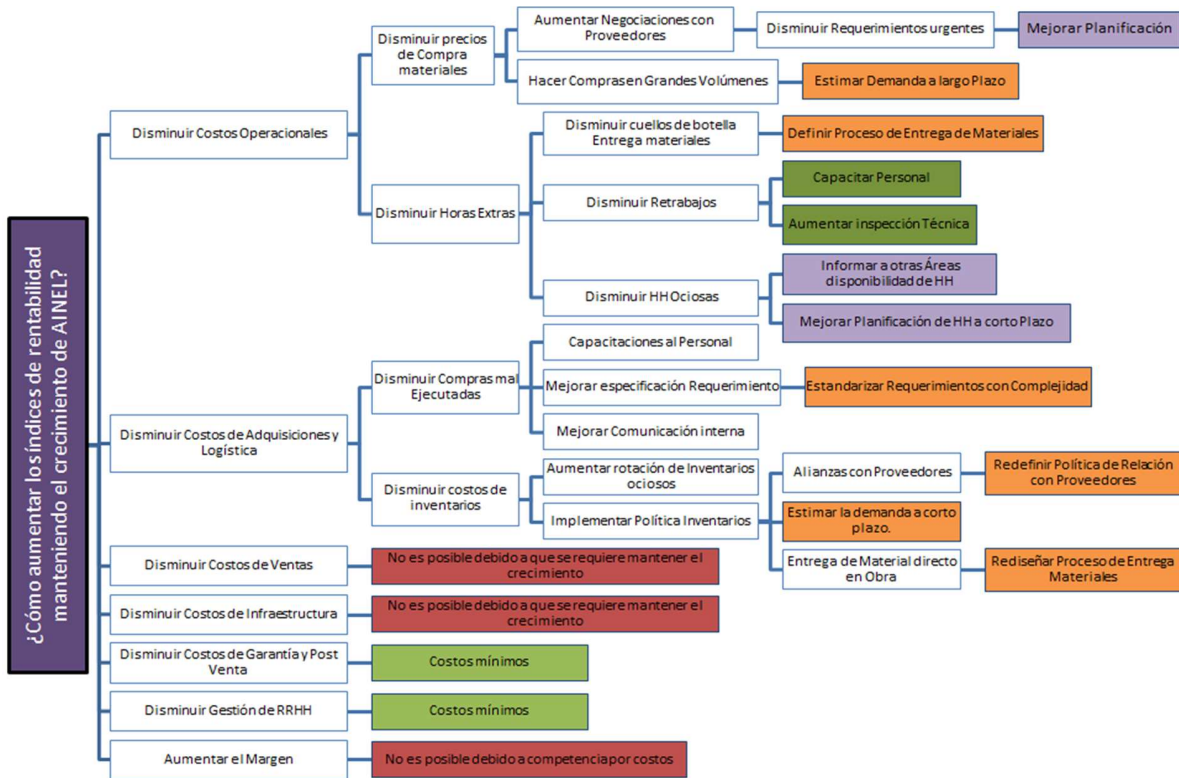
Para el análisis de la situación se realizó un árbol de problemas (**How**) cuya rama principal se encuentra enfocada en aumentar la rentabilidad de AINEL manteniendo el crecimiento experimentado (**Ilustración 11**). En la primera línea de apertura se escogió las actividades descritas en la Cadena de Valor de Porter (M. E. Porter, 1986) las cuales describen de manera MECE<sup>5</sup> los costos asociados a un producto y/o servicio en una organización.



**Ilustración 11. "Cadena de Valor de Porter." (M. E. Porter, 1986)**

Para el caso de AINEL los costos asociados a Aprovisionamiento y Logística interna y externa se encuentran unidos en una misma Área de AINEL denominada Adquisiciones y Bodega por lo que se hizo una instanciación de esta herramienta en la organización.

<sup>5</sup> MECE (Mutually, Exclusive, Collectively, Exhaustive)



**Ilustración 12. "Árbol de Problemas How"**

Las hipótesis declaradas con el árbol How se muestran en la **tabla 3**. Estas fueron graficadas según su impacto y su esfuerzo (**Ilustración 13**) definidos en reunión con Gerente General, Gerente de Operaciones, Jefe de Adquisiciones y Bodegas y Administradores de Contrato y Analista de Gestión. Mediante esta reunión se puntuó cada una de las hipótesis para llegar a una estimación de impacto y esfuerzo dentro de AINEL de manera consensuada

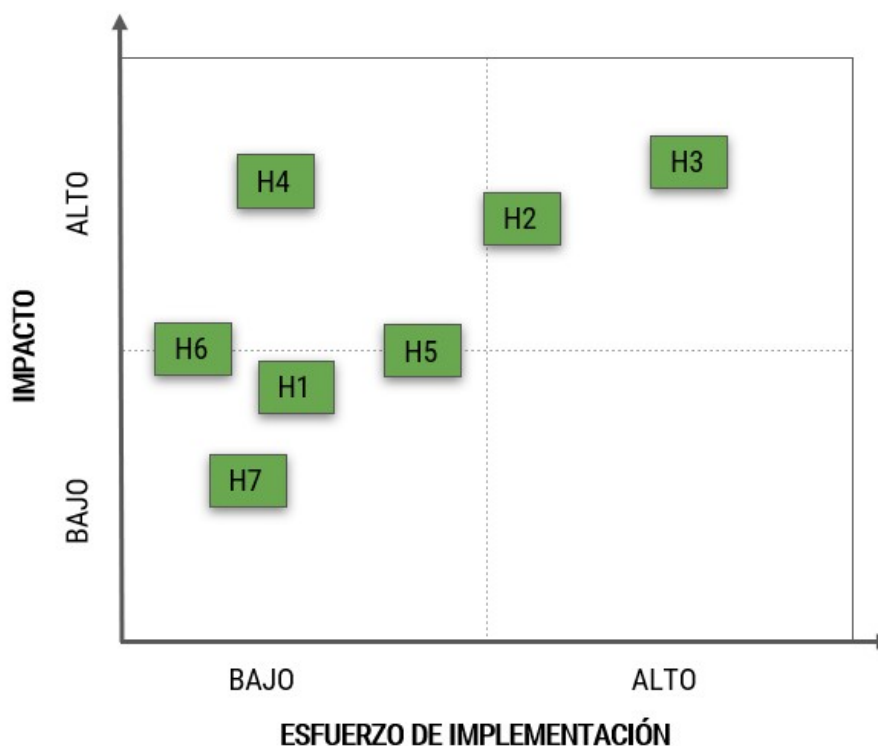
**Tabla 4 "Hipótesis de solución del problema"**

ID	Hipótesis	Impacto	Esfuerzo
H1	Mejorar Planificación de Requerimientos	MEDIO	BAJO
H2	Definir Proceso de Entrega de Materiales	ALTO	MEDIO
H3	Implementar Política de Inventarios	ALTO	ALTO
H4	Aumentar Negociación con Proveedores	ALTO	BAJO

<b>H5</b>	<b>Mejorar Planificación de Horas Hombre</b>	<b>MEDIO</b>	<b>BAJO</b>
<b>H6</b>	<b>Mejorar Competencias</b>	<b>MEDIO</b>	<b>BAJO</b>
<b>H7</b>	<b>Aumentar Inspecciones Técnicas a Obra</b>	<b>BAJO</b>	<b>BAJO</b>

Las principales soluciones detectadas se pueden agrupar en los tres grupos siguientes:

- Planificación y Gestión de Adquisiciones y Bodega (Materiales): **H2, H3 Y H4**
- Planificación del Servicio (Horas Hombres y Requerimientos): **H5, H1**
- Calidad y Competencias (Inspección Técnica y Capacitaciones): **H6 Y H7**



**Ilustración 13. "Selección de Hipótesis"**

Para el desarrollo del rediseño se escogió las soluciones que apuntan directamente al proceso de Adquisiciones y Bodegas de AINEL. Datos obtenidos del ERP Defontana de la empresa demuestran que la compra de materiales representa un 28.6% de los costos de ventas de línea de negocio Obras Eléctricas (Informe de Cuentas Contable

AINEL LTDA , 2018) por lo que la implementación de mejoras en los procesos de adquisiciones y gestión de los inventarios estaría impactando sobre un Área que representa casi un tercio de los costos de ventas de AINEL.

#### 4.2 Arquitectura de Procesos AINEL LTDA (AS-IS)

Los macroprocesos descritos por la Ingeniería de Negocios (Barros, 2011) permiten instanciar la arquitectura inicial de los procesos de una empresa y su relación. Para el caso de AINEL LTDA la arquitectura de macroprocesos instanciada en su funcionamiento está descrita por cuatro Macros:

- **Planificación Estratégica:** Este macroproceso comprende el conjunto de procesos para definir la estrategia de AINEL. La empresa no cuenta con un rol ni formalidad de este proceso. El gerente general y de operaciones toman de manera esporádica algunas decisiones estratégicas que difícilmente se materializan en los programas, objetivos e indicadores.
- **Desarrollo de Nuevos Contratos y/o Servicios (Nuevas Capacidades):** Este macroproceso se identifica en AINEL de manera informal en su estructura, ya que al no estar dentro de sus procesos formales se le relega un rol secundario, sin embargo, el Jefe de Área de Obras de AINEL ante la necesidad de hacer más eficientes los procesos ha desarrollado nuevas capacidades para hacer a la empresa más competitiva e innovadora. Es acá donde se observa el desarrollo de inclusión de herramientas TI para asegurar la efectividad operacional y creación de valor a los clientes
- **Proyectos y Obras de Ingeniería Eléctrica (Cadena de Valor):** Este macroproceso se preocupa de ejecutar los servicios de AINEL, al poseer dos líneas de negocios se definen dos cadenas de valor: proyectos de ingeniería y Ejecución de obras eléctricas. Ambos procesos van desde que se interactúa con el cliente para generar requerimientos hasta que estos han sido satisfactoriamente satisfechos.
- **Recursos Habilitadores (Contabilidad, Recursos Humanos, Seguridad y Medio Ambiente):** Este macroproceso es el conjunto de procesos de apoyo que maneja los recursos necesarios para que se ejecuten las obras. Lo componen los recursos financieros y humanos de AINEL.

#### 4.3 Modelamiento Detallado de Procesos

Se realizó un modelamiento explícito del proceso actual para usarlo como punto de partida para el rediseño. Esta metodología se justifica cuando el proceso existente funciona de manera aceptable e incluye prácticas de trabajo optimizadas y formalizadas en algunas de las actividades; o existe coordinación de actividades, planificación y programación y se realiza un seguimiento del proceso mediante una administración global del flujo (Barros, 2004a). En el caso de AINEL LTDA existen los procesos que permiten estandarizar las actividades, así como la coordinación, seguimiento y administración de estas por parte del Jefe de Adquisiciones y Bodega.

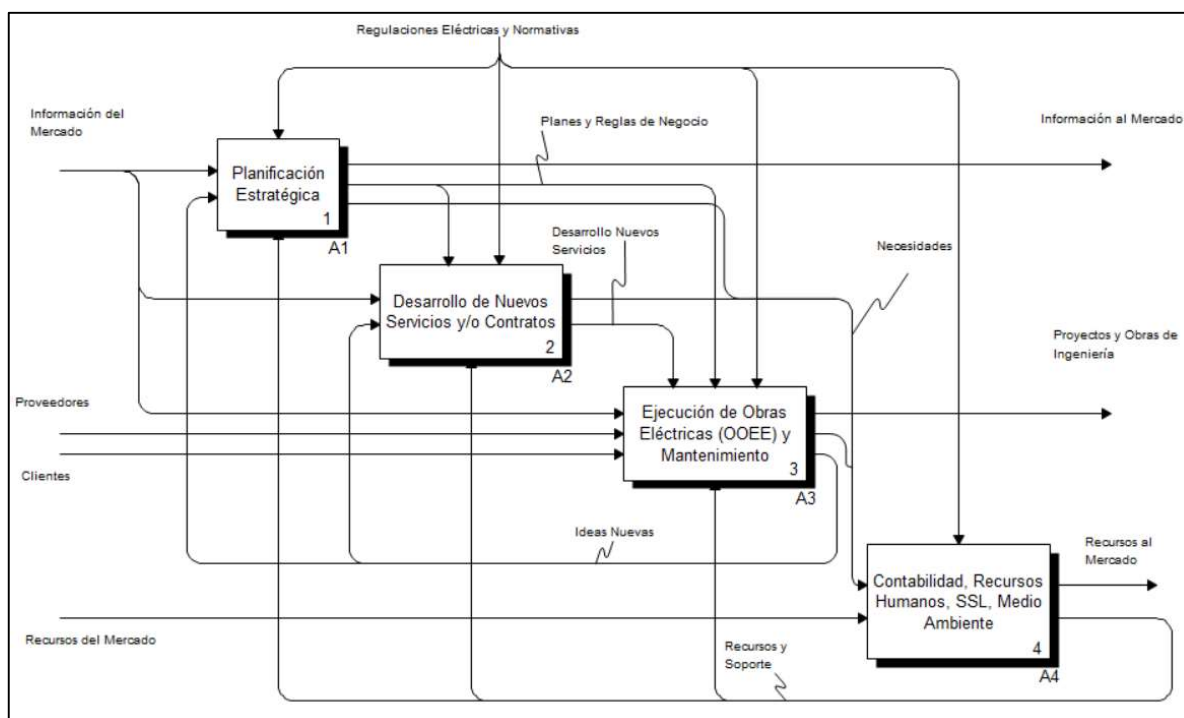


Las prácticas de optimización se dan en menor medida y el proceso tiende a seguir las decisiones indicadas por la Gerencia en las distintas instancias de la organización.

Para el modelamiento detallado se utilizó el software Igrafx teniendo en cuenta solamente la cadena de valor Ejecución de Obras Eléctricas y Mantenimiento ya que es la línea de negocio abordada en el proyecto de rediseño.

#### 4.3.1 Modelamiento IDEF0

La siguiente ilustración muestra la arquitectura de Macroprocesos de AINEL con sus principales entradas y salidas



**Ilustración 14 Macroprocesos AINEL LTDA**

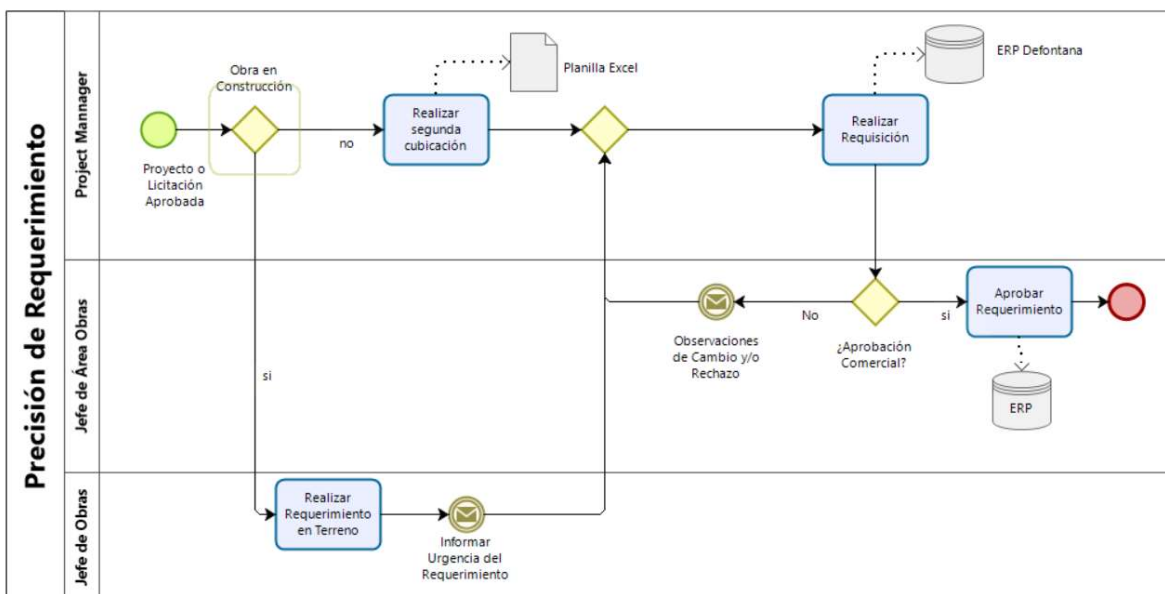
#### 4.3.2 Modelamiento BPMN. Procesos Adquisiciones y Bodega

El levantamiento de los procesos actuales se realizó mediante entrevistas con los trabajadores del Área de Adquisiciones y Bodegas de AINEL. Se supervisó la operación que realiza dicha área durante 4 semanas en el primer semestre de 2018. El resultado del levantamiento arrojó que existen tres procesos fundamentales en los que interviene esta Área de AINEL los que se encuentran ligados a la problemática encontrada. Estos procesos se describen a continuación:

- **Precisar Requerimientos** (Ilustración 15): Este proceso se inicia con el aviso de aprobación de un servicio u obra nueva. Posteriormente el Project Manager

realiza una segunda cubicación de la obra para la revisión de los alcances de esta. En reiteradas ocasiones también ocurre la necesidad de requerimientos cuando la obra está en marcha, en estos casos es el jefe de Área de OCCC/OOEE el que realiza el requerimiento en terreno e informa que necesita más insumos/materiales. El Project Manager realiza la requisición de compra de materiales en ERP la cual es aprobada o rechazada por Jefe de Operaciones. El requerimiento en terreno cuando la obra está en marcha es frecuente dentro de los procesos de construcción de obras en AINEL por lo que es difícil lograr ejecutar una cantidad eficiente de requerimientos durante el tiempo de la obra.

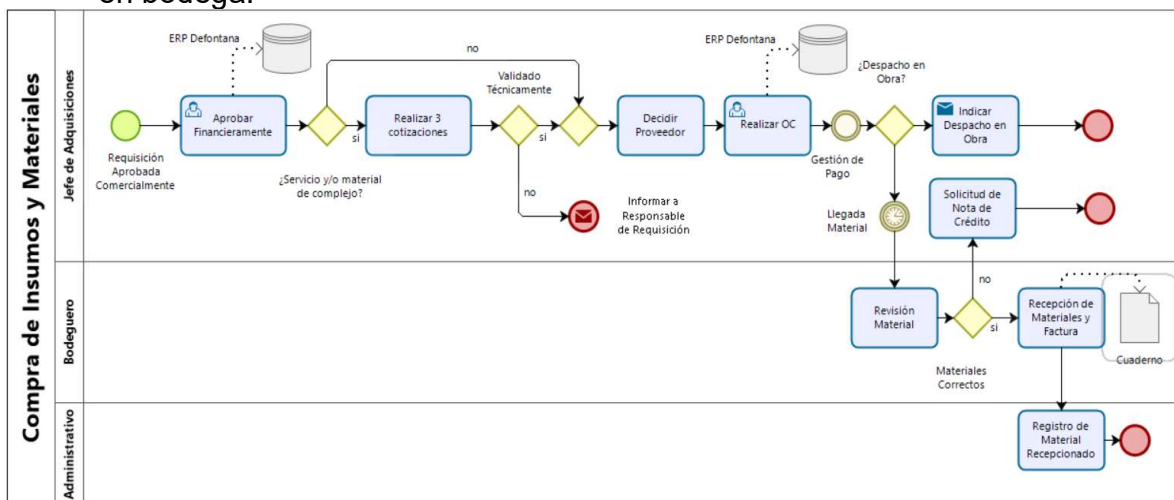
Este procedimiento es el insumo para el proceso de compras de insumos y materiales. El mismo no cuenta con ningún tipo de inteligencia de negocios y se desencadena por una necesidad de ejecutar una obra de manera que los requerimientos se realizan mediante una cola según se van necesitando para el avance.



**Ilustración 15. “Precisar Requerimientos (AS-IS)”**

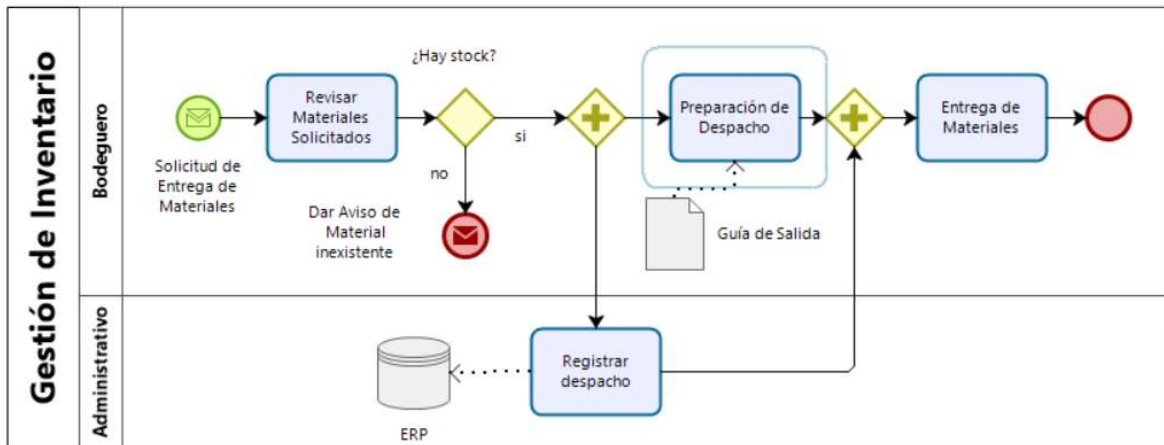
- **Compra de insumos y materiales** (Ilustración 16): Este proceso comienza con la aprobación comercial de los requerimientos de compras. Después se aprueba financieramente por Encargado de Adquisiciones y Bodega. En el caso que los materiales solicitados sean de alta complejidad (valor estimado mayor de 5 MM, productos nuevos o cantidades grandes) se realizan 3 cotizaciones entre sus proveedores, posteriormente se decide proveedor, y se realiza la orden de compra en el ERP Defontana. Posteriormente es el área de finanzas el que se encarga de los trámites de pago (en promedio pasan 7 a 9 días en este proceso). Finalmente, para la entrega de materiales se programa el retiro, despacho en bodega o despacho en obra para el caso de hormigón o áridos se

entregan directo en obra. Los materiales que son ingresados en bodega son revisados, recibe factura y anota en un cuaderno personal, posteriormente es la administrativa quien registra en el ERP Defontana la recepción de materiales en bodega.



**Ilustración 16. “Compra de Insumos y Materiales (AS-IS)”**

- **Gestión de Inventarios** (Ilustración 17): Este proceso da inicio con la solicitud de retiro de materiales. Después el bodeguero revisa la existencia y el estado en bodega los materiales solicitados. En caso de quiebre de stock se avisa a Encargado de Adquisiciones para que este realice una orden de compras solicitando el material. En el caso de haber stock, se realiza de forma paralela la entrega de materiales a la cuadrilla por parte del bodeguero mediante una guía de salida manual y el registro en ERP Defontana por parte de la administrativa. Debido a una deficiente planificación en las solicitudes de retiro que conllevan a que existan congestiones en las mañanas cuando se realizan los retiros; los registros en sistema ERP se realizan de manera desfasada con bastante frecuencia. Esto provoca que muchas veces se entregue material asignado de una obra a otra obra. Por otra parte, no existe el registro del material sobrante día a día que se devuelve a bodega. Se puede confirmar que el proceso de gestión de inventarios se realiza de manera deficiente provocando grandes cuellos de botellas en la operación diaria de la empresa.



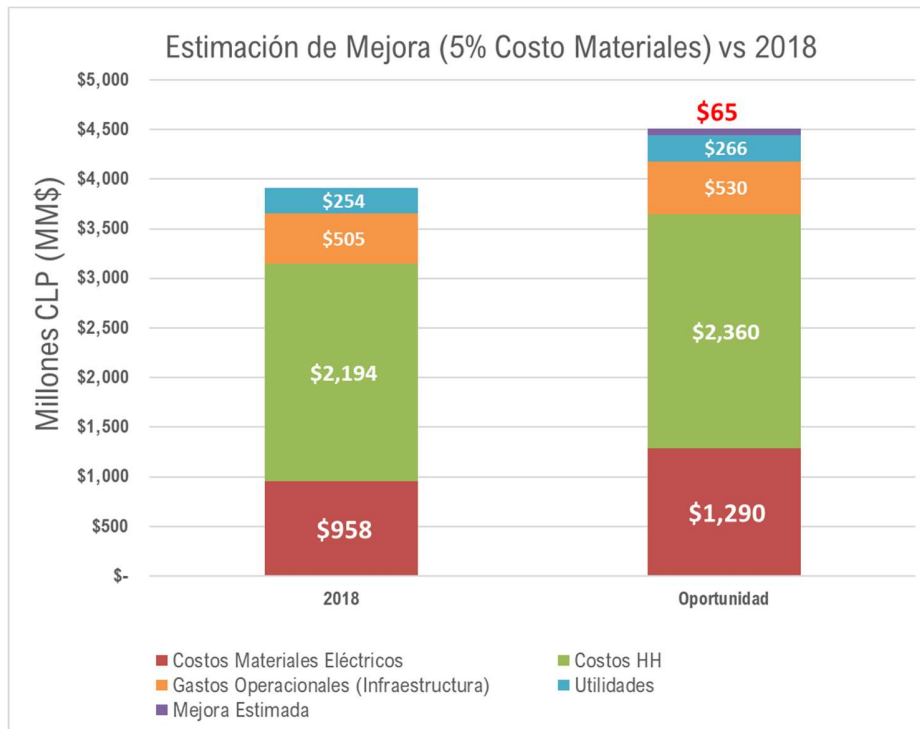
**Ilustración 17. “Gestión de Inventarios (AS-IS)”**

#### 4.4 Cuantificación del Problema u Oportunidad

Teniendo en cuenta el análisis de varios procesos de compras agrupadas y entrevistas realizadas al Jefe de Adquisiciones y Bodega de AINEL se pudo llegar a la conclusión que existe una oportunidad de mejora de precios de compra de materiales de hasta un 15% para algunos tipos de materiales. Estas mejoras en precios pueden lograrse mediante un proceso de negociación para compras a grandes volúmenes y/o una correcta planificación de los pedidos.

Además, una mejor planificación y gestión de compras y bodegas impacta en la pérdida de Horas Hombres de las cuadrillas de la empresa. Lograr que los cuellos de botella en los despachos de materiales y entrega oportuna de los mismos en cada faena de AINEL hace posible que los tiempos de entregas de las obras disminuyan mediante un mejor aprovechamiento de la jornada laboral.

En la Ilustración 18 se puede observar la estructura de costo de las ventas en la línea de negocio de Obras Eléctricas en el año 2018 versus la situación proyectada. La gráfica muestra una proyección manteniendo los costos asociados a Horas Hombres e Infraestructura de manera constante de acuerdo con el crecimiento en las ventas.



**Ilustración 18. “Estimación de Oportunidad de Mejora”**

Una aproximación de mejora de un 5% en el total general de los costos de materiales hace posible una oportunidad de reducir costos por compra de materiales de al menos 64MM en la línea de negocio Obras Eléctricas.

## CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE DISEÑO DE PROCESOS

### 5.1 Direcciones de Cambio y Alcance

Para Cada uno de los procesos asociados al Área de Adquisiciones y Bodega se pudo identificar las siguientes direcciones de cambios en las variables relevantes. El resumen del análisis realizado en cada una de las variables se encuentra en la siguiente tabla

Variable de cambio	Dirección de cambio	AS - IS	TO - BE
Mantenimiento consolidado de estado	Mejorar planificación y control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas en recolección de datos y análisis de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación automática e inmediata de datos y clasificación de materiales</li> </ul>
Anticipación	Mejorar planificación y control de Inventarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se consideran solamente materiales críticos autorizados por Gerencia basados en la experiencia.</li> <li>• No existen análisis de Demanda</li> <li>• No existen Políticas de Inventario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir políticas de Inventario mediante la clasificación de los SKU y pronóstico de demanda</li> <li>• Mejorar poder de Negociación con Proveedores.</li> </ul>
Integración de procesos conexos	Mejorar coordinación de Adquisiciones y Bodega	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicación informal por lo general</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicaciones Formales de Procesos de Bodega.</li> <li>• Existencia de reuniones de coordinación y canales de comunicación formales y estructurados.</li> </ul>
Coordinación	Mejorar coordinación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reglas poco Definidas</li> <li>• Gerencia define los quiebres. Mucha Intervención</li> <li>• Poca Colaboración con proveedores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos de compra establecidos y clarificados.</li> <li>• Disminuir la cantidad de intervenciones de la Gerencia</li> <li>• Integración y Colaboración con Proveedores.</li> </ul>

Las variables más importantes para tener en cuenta dentro del proyecto son las variables Anticipación y Coordinación. La anticipación, además de propiciar la planificación en sus aspectos más diversos dentro de la organización, también utiliza métodos analíticos apropiados para predecir comportamientos futuros. En el caso de

AINEL existe un deficiente uso de la planificación de Adquisiciones e Inventarios. Estos procesos se ejecutan a pedidos tipo cola desde distintas áreas, de tal manera que Adquisiciones solamente ejecuta si está realizado un requerimiento en el ERP. La toma de decisiones de compras no se encuentra integrada en la totalidad de la organización y solamente ocurre en ocasiones muy específicas a pedido de la Gerencia o de algún Jefe de Área.

La coordinación se basa en variables complementarias a la planificación como el uso de reglas, jerarquía, colaboración y partición (Barros, 2012). El proyecto pretende dejar bien establecidas las reglas que definen los procesos de compra en AINEL para evitar que la Gerencia tenga que intervenir en cada uno de los procesos. Además, se busca realizar coordinaciones con Proveedores que permitan colaborar con el proceso de Adquisiciones impactando en la mejora de costos para AINEL.

## **5.2 Diseño de Lógica de Negocios**

Dentro de la gestión de operaciones de una empresa que ejecuta proyectos de construcción los materiales tienen un peso significativo del costo total de construcción, por lo que la planificación de los materiales es clave para lograr proyectos exitosos (RathinaKumar et al., 2018). Para el caso de AINEL LTDA los costos asociados a los materiales representan un 28,7% de los costos de venta en la línea de negocio Obras y Mantenimiento Eléctrico.

La solución implementada se basó en la siguiente lógica de Negocios:

- Desarrollo de un Modelo Integral de Gestión de Inventarios para Área de Adquisiciones y Bodega que contenga:
  - Caracterización de Inventarios y materiales (ABC-XYZ).
  - Pronóstico de Demanda.
  - Políticas de Inventario agrupadas por artículos de una misma clase.
  - Estrategias de Aprovisionamiento y compras al mayor, basadas en análisis de demanda.
  - Estrategias de Integración con proveedores.
- Rediseñar proceso de Administración de Relación con Proveedores para incorporar política de Inventarios.
- Rediseñar proceso de Gestión de OOEE y Mantenimiento para incorporar análisis de demanda dentro de la Planificación del servicio.
- Mantener stock de materiales críticos.
- Desarrollar apoyo tecnológico para realizar el Modelo Integral de Adquisiciones.

El desarrollo de esta lógica de negocios permitirá reducir los costos asociados a la compra de materiales para las obras, reducir los costos de inventario, así como mejorar los tiempos de entrega de los materiales a las cuadrillas que ejecutan las obras. Se pretende lograr al menos un 5% de ahorro de costos en la compra de los materiales y la reducción de un equipo de compra (chofer comprador-ayudante) en el mediano

plazo; así como la disminución de los tiempos ociosos por la espera de materiales por las cuadrillas de obras.

Dado el análisis anterior se definió un Modelo de Gestión de Inventarios tomando como base los modelos descrito en los trabajos de (Errasti et al., s. f., 2010; Hedenstierna et al., 2009; Scholz-Reiter et al., 2012) que incluye política de inventarios y pronóstico de demanda. La lógica de negocios puede resumirse en una matriz de nueve elementos desarrollada para la empresa teniendo en cuenta el análisis multicriterio ABC-XYZ (**Ilustración 19**).

	Distinciones	A	B	C
X	Estrategia de Aprovisionamiento	Apoyo con Planificador. Ordenar cantidad versus mín, max.	Mantener Nivel de Servicio en SKU con precios unitarios bajos. Compras Integradas	Mantener Nivel de servicio con consumos peak. Compras Integradas
	Grado de Automatización del Proceso de Adquisiciones	Reemplazo automático	Calcular reemplazo	Reemplazo automático
	Inventarios de stock	Mínimo de inventario (JIT)	Stock Calculado consumo medio. Mantener nivel de servicio	Stock calculado consumo medio
	Tipo de Control de Inventario	Revisión Continua	Revisión Periódica	Revisión Periódica
	Método de previsión de demanda	Suavizado exponencial adaptativo	Suavizado exponencial adaptativo	Suavizado exponencial adaptativo
Y	Estrategia de Aprovisionamiento	Apoyo con Planificador. Ordenar cantidad versus mín, max.	Mantener Nivel de Servicio en SKU con precios unitarios bajos	Mantener Nivel de servicio con consumos peak.
	Grado de Automatización del Proceso de Adquisiciones	Reemplazo automático	Calcular el Reemplazo preperiódicamente	Reemplazo automático
	Inventarios de stock	Mínimo de inventario (JIT)	Mantener nivel de servicio	Stock peak calculado
	Tipo de Control de Inventario	Revisión Continua	Revisión Periódica	Revisión Periódica
	Método de previsión de demanda	Suavizado exponencial adaptativo	Suavizado exponencial adaptativo	Suavizado exponencial adaptativo
Z	Estrategia de Aprovisionamiento	Integración con proveedores. Compras Integradas	Mantener Nivel de Servicio en SKU con precios unitarios bajos. Compras Integradas	Sin estrategia
	Grado de Automatización del Proceso de Adquisiciones	A pedido	Calcular reemplazo	
	Inventarios de stock	Mínimo de inventario (JIT)	Mantener nivel de servicio	
	Tipo de Control de Inventario	Revisión Periódica (Pedido bajo orden)	Revisión Periódica	
	Método de previsión de demanda	Suavizado exponencial adaptativo	Suavizado exponencial adaptativo	

**Ilustración 19. “Matriz de Decisión”**

Se definen cinco distinciones para establecer las decisiones de negocio basados en el análisis ABC-XYZ que ayudan a gestionar y minimizar los costos de inventarios dentro de la organización. Las distinciones utilizadas en este proyecto son las siguientes:

- **Estrategia de Aprovisionamiento:** Define que estrategias se utilizarán para la adquisición de materiales. Este punto debe partir del análisis detallado del negocio para cada clase de SKU. Algunas de las estrategias pueden ser utilizar EOQ, mantener niveles de stock, mínimos, máximos; realizar compras a pedido o compras integradas; mantener niveles de servicio al mínimo, o realizar una planificación rigurosa.
- **Grado de Automatización:** implica el nivel de automatización del proceso. El reemplazo automático necesita menor intervención de Gerencia en el proceso de aprobación de cantidades y montos. En el caso de solicitud a pedido cada una de las solicitudes son aprobadas por la Gerencia.
- **Inventario de Stock:** Los niveles de inventario de seguridad que se desean para cada SKU dentro de la clase. (Stock medios, stocks mínimos o máximos definidos por la línea de negocio)



- **Tipo de Control de Inventario:** define la política de Inventario que se realizará con los SKU de la clase (Revisión continua o revisión periódica).
- **Método de pronóstico de Demanda:** método de pronóstico que se utiliza para todos los SKU de una misma clase (Suavizado Exponencial, Medias Móviles, Regresión lineal u otros).

Este proceso está respaldado por una herramienta tecnológica que permite realizar la extracción de los datos del ERP, inicializar las variables necesarias del proceso, realizar el pronóstico de demanda y la clasificación del tipo ABC-XYZ.

### 5.2.1 Alcance del Proyecto

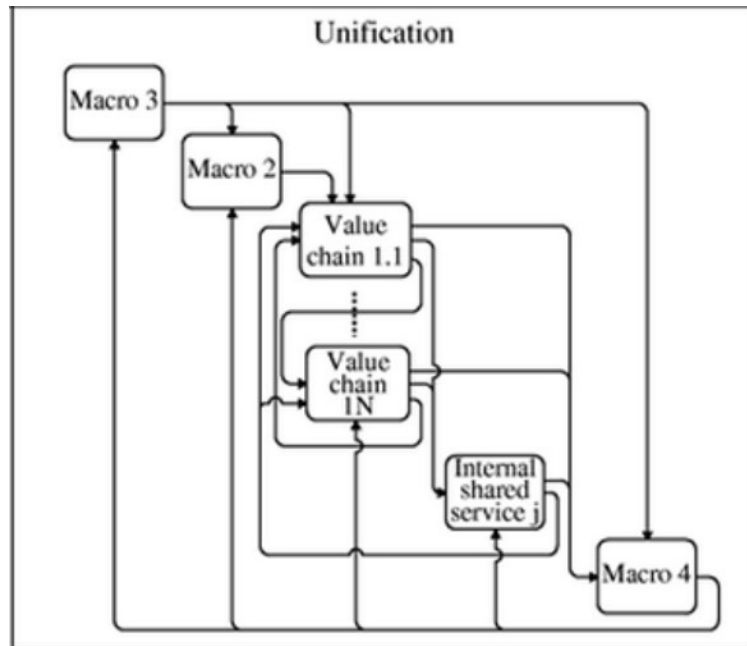
El proyecto de rediseño se centra específicamente en el Área de Adquisiciones y Bodegas de AINEL LTDA. El proyecto considera el análisis en la línea de negocio Montaje, Mantenimiento y Ejecución Obras Eléctricas. Se consideró la realización de un Sistema de Gestión de Inventarios mediante un análisis multivariado ABC-XYZ y pronóstico de demanda.

En la primera etapa del proyecto se considera realizar un prototipo y evaluación de del sistema de Gestión teniendo en cuenta un número reducido de artículos de inventario. Posterior a la evaluación, se consideran las recomendaciones para la implementación de un proyecto que involucre la totalidad del proceso de Adquisiciones y Bodegas para las dos líneas de negocios. Se considera además realizar la propuesta de la Arquitectura Tecnológica y el proyecto de Gestión del cambio para el despliegue del proyecto en la organización.

### 5.3 Arquitectura de Procesos To Be

Para el rediseño de los procesos se utilizó la arquitectura de macroprocesos de la Ingeniería de Negocios para un correcto rediseño y mejora en sus procesos. Se instanciaron los patrones de procesos dentro de la empresa Ingeniería y Obras AINEL LTDA que permitió identificar procesos inexistentes o con deficiencias en su diseño dentro de la arquitectura de procesos de la Empresa.

Se identificó en la empresa la arquitectura de Unificación según las arquitecturas propuestas en la Ingeniería de Negocios (Barros, 2015, p. 88; Barros & Julio, 2011). La empresa cuenta con dos cadenas de valor, las cuáles comparten servicios comunes de “Administración de Relación con Proveedor” y “Gestión de la Producción y Entrega”. Mediante esta arquitectura AINEL LTDA persigue tener bajos costos y estandarizar los procesos directamente con la aprobación de la Gerencia. Esta arquitectura le permite sumar contratos adicionales con distintos clientes teniendo solamente que menos procesos dentro de la cadena de valor nueva.



**Ilustración 20. “Arquitectura de Unificación (Barros & Julio, 2011)”**

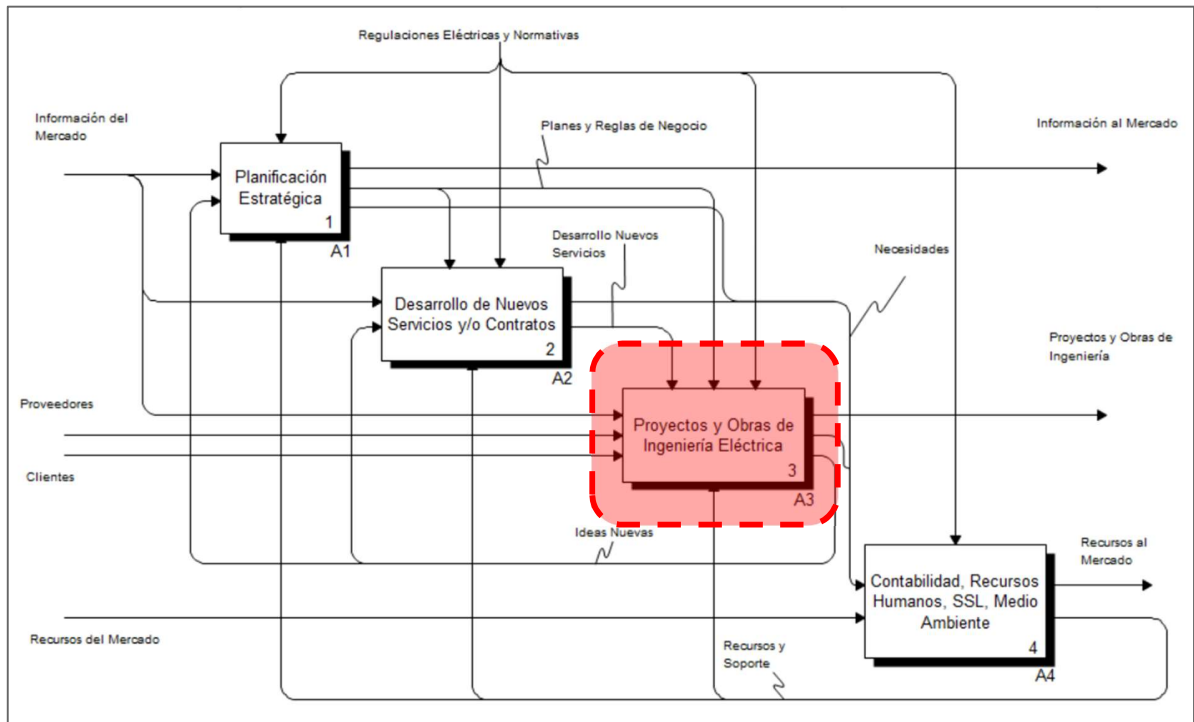
Es precisamente en estos procesos internos que se centrará el rediseño de la empresa según lo analizado en el capítulo anterior.

#### **5.4 Diseño Detallado de Procesos *TO BE***

En el capítulo anterior se muestra la situación actual (*AS-IS*) de la empresa desde la arquitectura de procesos. A continuación, se detalla el modelamiento de los procesos involucrados en el rediseño para una situación futura (*TO BE*).

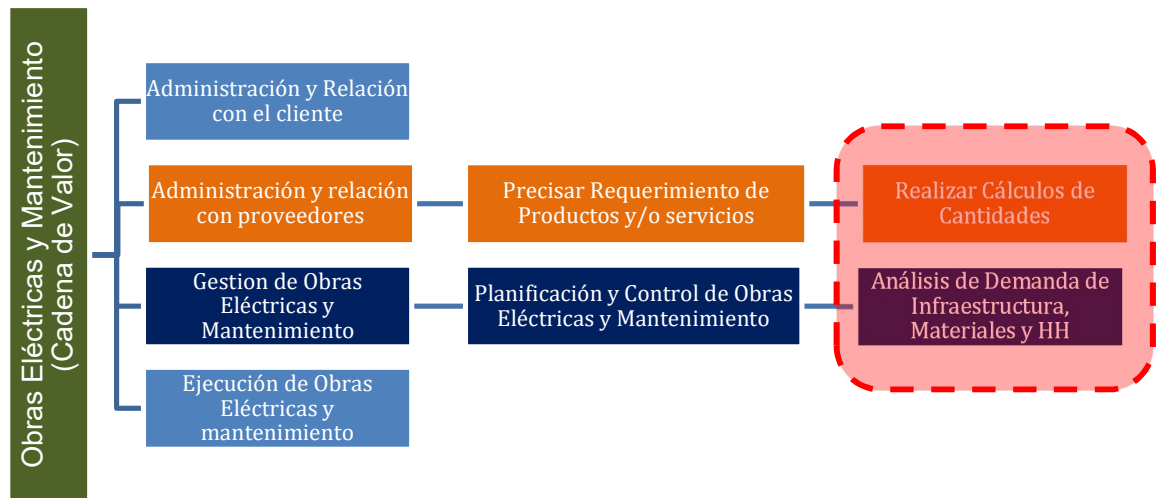
##### **5.4.1 Macroprocesos de AINEL LTDA**

Para la descripción de la arquitectura detallada de procesos se utilizó en software IGRAFX mediante la nomenclatura IDEF 0. La descripción detallada de la arquitectura (*drill down*) se realizó en la cadena de valor (Macro 1) de AINEL ya que el proyecto de rediseño se encuentra enfocado en la línea de negocio Obras Eléctricas.



La relación y diagramación de la arquitectura detallada de procesos de AINEL se encuentra en los anexos del 1 al 6. Los procesos para intervenir según el análisis realizado mediante la Ingeniería de Negocios son los siguientes: *“Realizar Cálculo de Cantidades”* y *“Análisis de Demanda, Infraestructura, Materiales y Horas Hombre”*. Ambos procesos se encuentran en el Nivel 3 de la Arquitectura detallada de Procesos de AINEL LTDA.

A continuación, se diagraman de manera simplificada las componentes que se fueron instanciando hasta llegar a los procesos a intervenir (Ilustración 20)

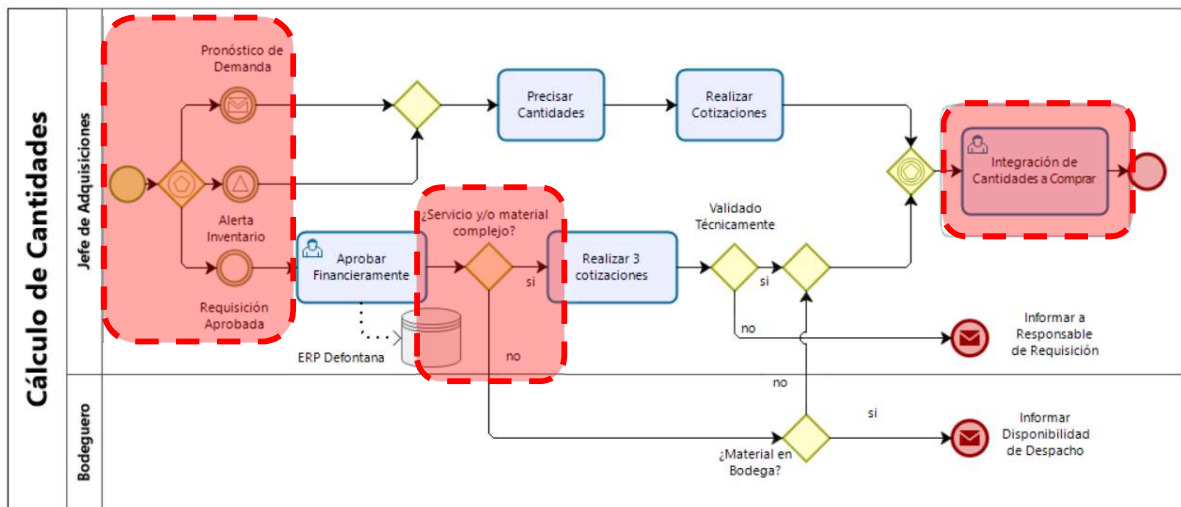


**Ilustración 21. "Diagrama simplificado Procesos a Intervenir"**

## **5.4.2 Diseño BPM de Procesos a Intervenir**

### **5.4.2.1 Rediseño de Proceso "Cálculo de cantidades"**

El primer proceso que se rediseñó es el proceso de "Cálculo de Cantidades" (Ilustración 22). En este proceso se realizó la integración de las Compras teniendo en cuenta que las alertas de inventario, los requerimientos y los pronósticos de demanda pueden generar son las tres entradas que desencadenan el procedimiento de compra. El Jefe de Adquisiciones debe integrar todos los requerimientos en una única compra tal que pueda negociar mejores precios mediante una agrupación de solicitudes. Esta integración de requerimientos deriva en mayores cantidades de compra hacia un mismo proveedor, pero requiere de una mayor planificación en los requerimientos.



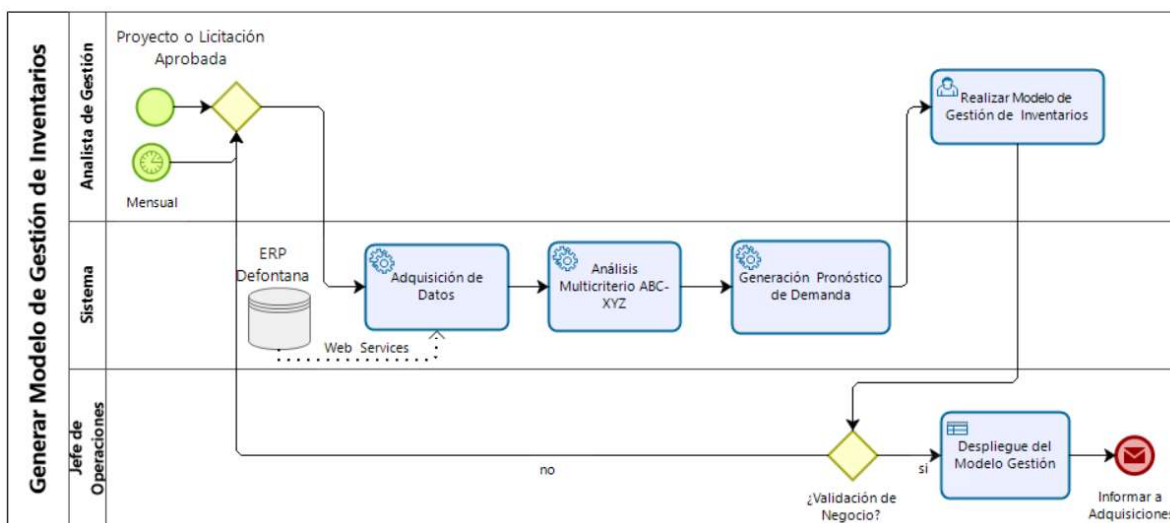
**Ilustración 22. “Cálculo de Cantidades TO-BE”**

Al tener también una política de inventario, este proceso considera que si se realiza un requerimiento y el material es del tipo de material que se encuentra bajo políticas de inventarios podría existir material en bodega para su despacho inmediato. Situación que actualmente no ocurre ya que no existen políticas de inventarios que permitan tener material de inventario sin estar solicitado para una obra. Esta modificación permite tener una mayor operatividad y tiempos de entrega de material a las cuadrillas impactando en los avances directos de la obra.

El rediseño de este proceso permite generar menos órdenes de compra a un mismo proveedor permitiendo que se reduzca la carga administrativa de seguimiento, control y pago de la orden de compra. También se permite negociar mejores precios con los proveedores teniendo en cuenta que las compras son de mayor volumen.

#### **5.4.2.2 Diseño de Proceso “Generar Modelo de Gestión de Inventarios”**

El proceso “Generar Modelo de Gestión de Inventarios” (Ilustración 23) es un proceso que no existe actualmente en AINEL LTDA. Este proceso es un subproceso de: “Análisis de la Demanda, Infraestructura, Materiales y Horas Hombres”. Este proceso hace uso infraestructura TI y su diseño concentra la lógica de Negocios planteada en el punto 5.2.

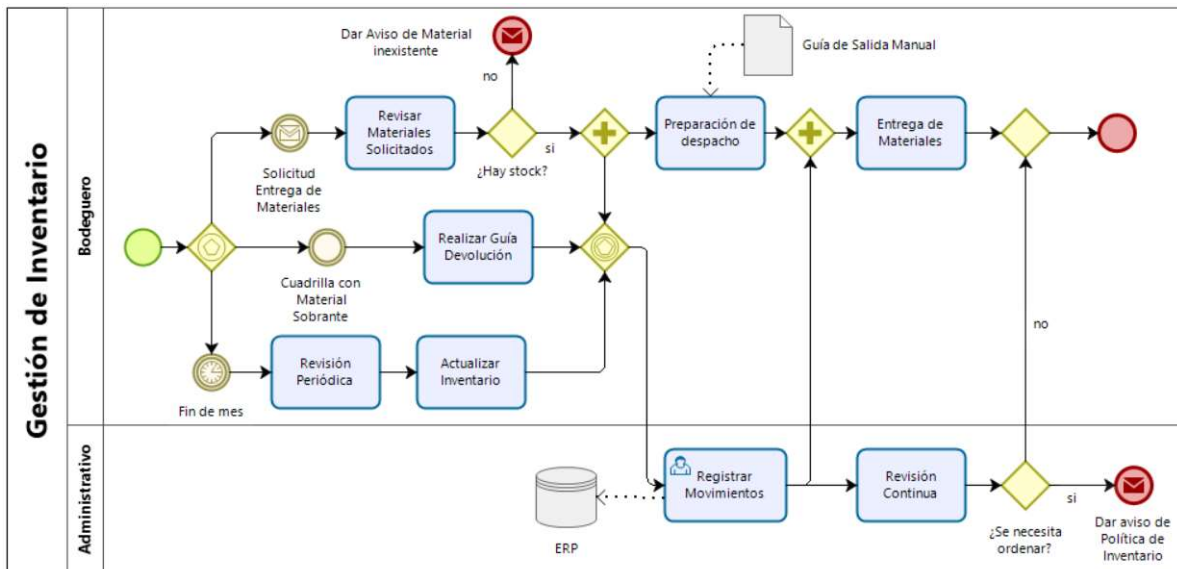


**Ilustración 23. “Generar Modelo de Gestión de Inventarios TO-BE”**

Este proceso se ejecuta de manera mensual o dada la aprobación de un nuevo contrato o licitación que modifique significativamente el consumo de materiales. En este proceso se adquieren los datos de los movimientos de inventarios ejecutados en un período de tiempo desde la base de datos del ERP Defontana. Se realiza la preparación de los datos eliminando movimientos que no representan salidas o outliers y luego se ejecuta el Análisis Multicriterio ABC-XYZ del inventario. Después se generan los pronósticos de demanda para cada clasificación (AX, BX, CX, AY, BY, CY AZ, BZ y CZ) y se procede a generar el Modelo de Gestión de Inventarios teniendo en cuenta las distinciones de la matriz 3x3 desarrollada para AINEL. Este modelo se valida por la Gerencia de Operaciones y Gerencia General y se informa y despliega a todas las Áreas interesadas en caso de ser validado.

#### 5.4.2.3 Rediseño de Proceso “Gestión de Inventarios”

El tercer proceso que se rediseñó dentro del alcance de este proyecto es “Gestión de Inventarios” (Ilustración 24). Este proceso era un proceso básico que permitía entregar los materiales a las cuadrillas. Mediante el rediseño se consideró que los materiales con políticas de inventario con revisión periódica serían controlados por el Bodeguero ya que permite realizar un conteo físico del mismo una vez al mes de los materiales bajo esa política. El proceso de revisión continua lo realizará el administrativo que registra los movimientos en el sistema ERP ya que se pueden considerar alertas de mínimos dentro de las funcionalidades del ERP Defontana una vez que se ejecutan los movimientos.



**Ilustración 24. “Gestión de Inventarios TO-BE”**

Se consideró también realizar devoluciones de obra de material sobrante y su posterior registro en ERP de manera que esas entradas se consideren para las compras que deban realizarse según las políticas de inventarios establecidas producto del Modelo de Gestión. Anteriormente este tipo de devolución era informal y con un mínimo de registro que dificultaba el seguimiento de los materiales sobrantes y su disponibilidad para distintas obras.

## **CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE APOYO TECNOLÓGICO**

---

### **6.1 Especificación de Requerimientos**

AINEL LTDA se caracteriza por ser una organización que no posee una gran infraestructura tecnológica. Los proyectos de implementación con componente tecnológico han sido esporádicos y de infraestructura básica durante los últimos 3 años: realización de una red corporativa (LAN), implementación de un servidor de archivos de datos e impresión, compra de ERP Defontana, compra de licencias necesarias como Windows, Office, Gmail Corporativo o AutoCAD y monitoreo de flota mediante servicio externo de GPS.

#### **6.1.1 Requerimientos Funcionales**

Para el apoyo tecnológico del proceso “*Generar Modelo de Gestión de Inventarios*” se realizó un análisis de los requerimientos del sistema que brindará apoyo tecnológico a este proceso.

En el caso de este proyecto se considera generar un sistema tecnológico que permita:

- Extraer los datos de movimientos de inventario desde el ERP Defontana en un rango de fechas definida por el usuario.
- Seleccionar y/o filtrar movimientos de inventarios específicos.
- Clasificar los SKU con movimientos de inventario, mediante análisis ABC-XYZ.
- Utilizar al menos 3 modelos de pronóstico de demanda definidos por usuario de una cantidad de, al menos, 6 pronósticos de demanda con análisis de series de tiempo.
- Comparar y seleccionar el mejor modelo que se ajuste a la demanda de todos los elementos de una clase teniendo en cuenta demanda histórica definida por el usuario.
- Comparar y seleccionar el mejor modelo que se ajuste a la demanda de cada SKU teniendo en cuenta demanda histórica definida por el usuario.
- Realizar la preparación de los datos, análisis estadístico mediante gráficos del universo de movimientos.
- Exportar los resultados de clasificaciones en formato .xls o .csv
- Operación por un usuario con conocimientos medios de computación.
- Acceso a los datos de dos perfiles de usuario.

#### **6.1.2 Requerimientos No Funcionales**

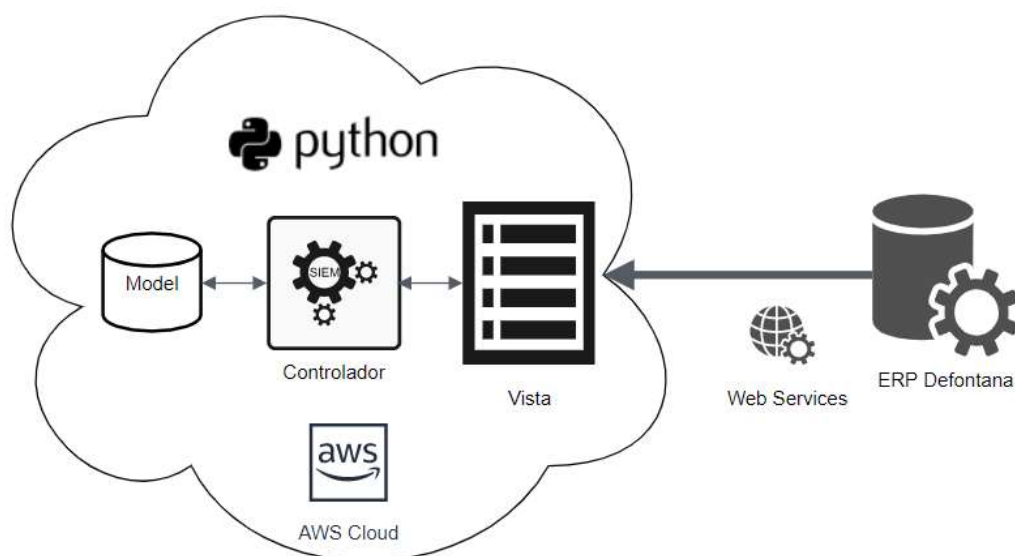
Los requerimientos no funcionales analizados para el diseño del apoyo computacional resultante del rediseño se realizaron mediante un análisis detallado del contexto de la empresa y la penetración del uso de TI en todas las Áreas. Los requerimientos no funcionales están definidos a continuación:



- Requerimientos de cálculo adicionales a los actuales que existen en la empresa
- El sistema debe ser implementado en software libre
- El sistema no afectará el uso del servidor de archivos de la empresa ni tendrá efectos en la red LAN que afecten calidad de servicio actual.
- Debe estar disponible para el cálculo todos los días del mes.
- Deberá garantizar la seguridad de la información.

## 6.2 Arquitectura Tecnológica

La aplicación tecnológica para desarrollar se basa en una arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC). La capa de Negocio funcionará como controlador, los modelos de datos (Modelo) y las interfaces de usuario, presentación de resultados estarán dentro de la vista. Se considera utilizar infraestructura tecnológica basada en la “nube” para evitar el uso de una infraestructura propia debido al poco grado de desarrollo tecnológico que tiene la empresa. Se considera realizar la extracción de los datos desde el ERP mediante un servicio web como se muestra en la siguiente figura.



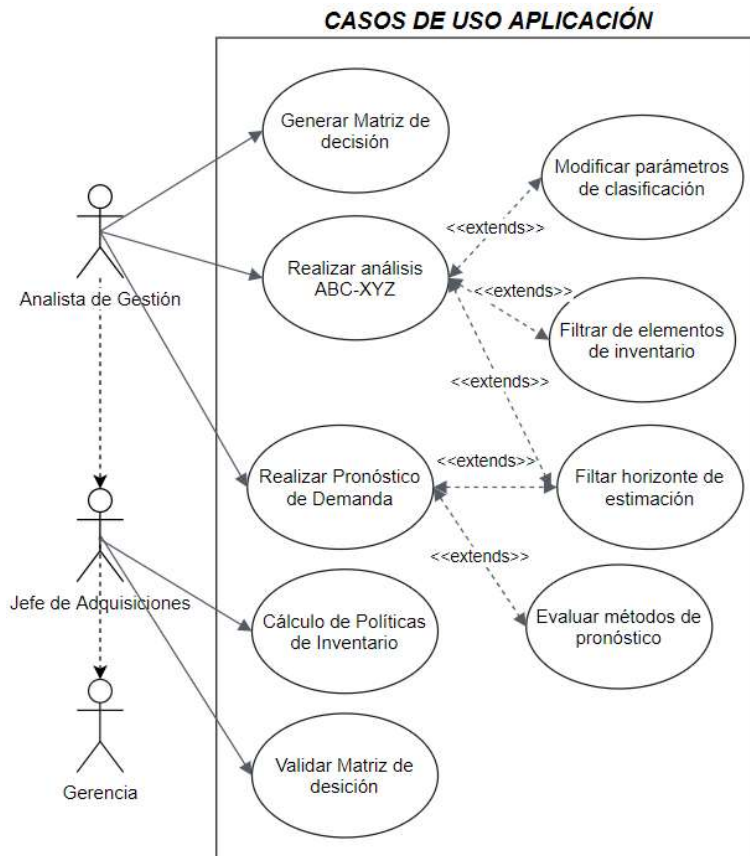
**Ilustración 25 "Arquitectura Tecnológica"**

## 6.3 Diseño de la Aplicación

### 6.3.1 Casos de Uso

Los casos de usos definidos para la aplicación se definieron teniendo en cuenta los usuarios del sistema que son el analista de gestión, el jefe de adquisiciones y Gerencia. Los casos de uso son los siguientes:

- Realizar Análisis ABC-XYZ: permite realizar el análisis multicriterio teniendo los datos de movimientos en un período dado.
- Modificar Parámetros de Clasificación: permite modificar los parámetros para la clasificación ABC (% acumulados) y XYZ (valor del coeficiente de variación)
- Filtrar elementos de Inventario: permite discriminar movimientos de inventarios que no representan salidas o *outliers* detectados.
- Realizar Pronósticos de demanda: genera los pronósticos de demanda basados en los datos histórico. Permite seleccionar diferentes modelos de pronósticos
- Filtrar horizonte de estimación: permite seleccionar el horizonte de datos para los pronósticos o para el análisis multicriterio
- Evaluar Modelos de pronósticos: permite evaluar los distintos modelos de pronósticos teniendo en cuenta los errores de pronósticos de cada uno.
- Generar Matriz de Decisión: Genera la matriz de decisión de forma interactiva con Analista de Gestión.
- Cálculo de Políticas de Inventario: Permite calcular los parámetros necesarios para configurar las políticas de inventario para cada SKU.
- Validar Matriz de decisión: Permite validar la Matriz de decisión generada por el analista para el despliegue en la organización.



**Ilustración 26. "Casos de Uso de Aplicación"**

#### 6.4 Prototipo Funcional Desarrollado.

Para la realización del prototipo funcional del proyecto dentro de la organización se utilizó la distribución Anaconda mediante Jupyter Notebook y lenguaje Python. Se utilizó esta herramienta ya que es que no se consideran costos por licencias de software y además cuenta con un gran número de librerías que permiten hacer análisis de datos de manera interactiva. La aplicación fue desarrollada en tres componentes:

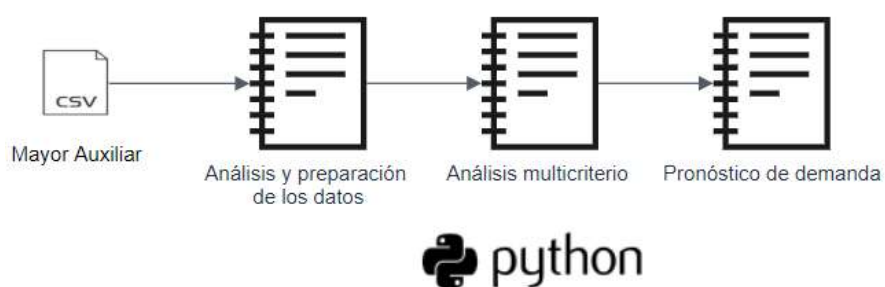
- El primer notebook permite la preparación de los datos desde un informe<sup>6</sup> de movimientos de inventario extraído del ERP Defontana en formato .csv.
- El segundo notebook realiza el análisis ABC-XYZ de todos los SKU así como el análisis de los movimientos de inventario

---

<sup>6</sup> Informe Mayor Auxiliar de Inventario: Defontana ERP

- El tercer notebook realiza el pronóstico de demanda para cada uno de los elementos de un inventario dada su demanda histórica. Analiza tres pronósticos de demanda e indica que pronóstico es el más adecuado para la distribución de la demanda de un SKU.

Mediante estas 3 componentes (Ilustración 26) se implementó el proceso “*Generar Modelo de Gestión de Inventarios*” en un prototipo funcional con el cual se procesaron los datos de los movimientos de inventarios del año 2019 que sirven como base para el cálculo de las políticas y análisis de inventario



**Ilustración 27 "Arquitectura prototipo tecnológico"**

## **CAPÍTULO 7: GESTIÓN DEL CAMBIO**

---

### **7.1 Contexto de la empresa**

AINEL LTDA es una empresa relativamente joven (fundada en 2003) que ha sufrido cambios drásticos en su estructura y gestión durante los últimos 3 años en la línea de negocio Obras Eléctricas. En 2016 trabajaban aproximadamente 15 trabajadores, organizados bajo una misma área y en 2019 posee una estructura con 5 áreas dedicadas a la construcción de Obras y Mantenimiento Eléctrico con aproximadamente 100 trabajadores promedio. La organización ha adoptado las políticas y principios éticos de ENEL como parte del conjunto de valores propios dada su dependencia de este único cliente desde su creación.

### **7.2 Observación de la implementación.**

El proceso de cambio debe comenzar con la observación inicial y el diagnóstico de la cultura organizacional, los procesos críticos y la capacidad de cambio de las personas y equipos para generar un contexto inicial. La observación debe considerar los valores, emociones, costumbres, creencias, habilidades, prácticas e interpretaciones disponibles (Olguín Macaya et al., 2016)

El resultado de esta observación inicial dentro de AINEL LTDA es la siguiente:

- Existen dos cargos en la empresa: Gerente General y Gerente de Operaciones, quienes concentran el poder de instalar proyectos, generar valores y narrativas dentro de la empresa dada su condición de dueños.
- Al tener solamente dos personas que pueden echar a andar los cambios profundos, depende mucho de cuánto interés tengan estas personas para realizar los cambios.
- Mucho de la cultura *“hacer lo que los jefes quieren”* sin análisis y/o debate.
- La organización es buena para reaccionar, pero no para anteponerse, ya que existe mucha carga de trabajo y pocos recursos dedicados a la planificación. La Gerencia es reactiva por lo que esta práctica se ha traspasado a toda la empresa.
- Los trabajadores con más años en la empresa aportan gran parte de resignación y la desconfianza a los cambios dentro de la organización.
- Se valoran las actitudes positivas y autocríticas, aunque no está interiorizado en toda la organización.
- Al ser un pequeño fundo la apreciación es que las decisiones de cambiar deben venir desde los socios ya que no existe un debate abierto de las decisiones desde los mandos medios
- Actualmente ocurren pequeños cambios dentro de las distintas áreas ante el crecimiento estructural de la empresa y es muy difícil poder tomar todas las decisiones a nivel de gerencia.
- Existen deficiencias profesionales y técnicas en personal de terreno. Algunos cargos están justificados por la Gerencia a pesar de evidenciar falencias en los resultados del trabajo. La labor de recursos humanos es deficiente.

Dada esta observación los desafíos de segundo orden del proyecto de rediseño de Adquisiciones y Bodegas en AINEL LTDA son los siguientes:

- Cambiar o mover la cultura organizacional de la empresa para potenciar la realización del proyecto base.
- Transmitir de manera acertada los beneficios del cambio a todos los actores.
- Gestionar cambio gerencial y liderazgo desde el proyecto de cambio

### **7.3 Principios de diseño**

Para la gestión del proyecto de cambio, que acompaña el proyecto de rediseño del proceso de Adquisiciones y Bodega, se considera el uso del Modelo Integral diseñado por (Olguín Macaya et al., 2016) en donde se centra el diseño, conducción, gestión y cierre de los proyectos de cambio basado en 10 dominios de acción descritos a continuación:

- Liderazgo y gestión del proyecto de cambio
- Sentido y estrategia del proceso de cambio
- Cambio y conservación
- Metaobservación, rediseño y seguimiento del proceso de cambio
- Prácticas para el cambio
- Gestión de las comunicaciones
- Gestión emocional del proceso de cambio
- Gestión del aprendizaje y las habilidades
- Gestión del poder
- Evaluación y cierre

### **7.4 Factores críticos de éxito**

Para la definición de los factores críticos asociados al proyecto de cambio se realizó una definición de actores principales, se escucharon sus interpretaciones del proyecto y sus inquietudes, quiebres, preocupaciones, discursos, prácticas, sombras, anhelos, expectativas, insatisfacciones, oportunidades, urgencias; se crearon las narrativas asociadas a cada actor además de las ofertas que deberían realizarse para sumarles apoyo al proyecto. Finalmente se generaron algunas preguntas relevantes de cada actor dentro del ámbito organizacional y del proyecto

Dentro de los factores críticos identificados para tener en cuenta dentro del proceso de cambio son:

- Sostener el apoyo de la Gerencia hacia el proyecto de rediseño (el apoyo inicial existe en cuanto a recursos y costos declarados).
- Crear prácticas de utilización de las herramientas tecnológicas desarrolladas dentro del área de Adquisiciones y Bodega.




- Trabajo en conjunto con Jefe de Área y trabajadores de para diseñar las prácticas de cambio que involucra.
- Refuerzo de narrativas del cambio, así como gestión de las ofertas hacia los distintos actores.

## 7.5 Diagnóstico del proceso de cambio

Se utilizaron los dominios descritos en el punto anterior (7.3) y se realizó un diagnóstico dentro del ámbito del proyecto de rediseño. Cada uno de los dominios se evaluó teniendo en cuenta su capacidad de incidir sobre el proyecto de manera negativa en tres niveles (riesgo bajo, para observar y alto). La siguiente tabla muestra el resultado de este diagnóstico:

**Tabla 5 "Diagnóstico Gestión de Cambio AINEL LTDA"**

Distinción	Resultado de Diagnóstico
<b>Sentido y Estrategia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La innovación no es el objetivo. No se evalúan iniciativas de innovación de manera formal.</li> <li>- Estrategia no comunicada ni formalizada en las distintas Áreas.</li> </ul>
<b>Liderazgo y Gestión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empresa con liderazgo en Jefaturas de Área.</li> <li>- Gestión reactiva ante problemas.</li> <li>- Existe evaluaciones de resultados que permite generar espacios de mejoras.</li> </ul>
<b>Cambio y Conservación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jefes de Área apoyan innovación, pero no existen espacios de desarrollo.</li> <li>- Proyectos tecnológicos son difíciles de implementar.</li> <li>- Resistencia al cambio fuerte apoyada indirectamente por Gerencia.</li> <li>- No existen estrategias de cambio.</li> </ul>
<b>Meta observaciones y emociones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poca comunicación entre las Áreas.</li> <li>- Recursos Humanos no gestiona el clima laboral adecuadamente.</li> </ul>
<b>Comunicaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La comunicación de Gerencia rara vez es formal.</li> <li>- Se usan canales informales y uso de correo como respaldo.</li> <li>- Áreas de Operaciones y Adquisiciones tienen quiebres de comunicación o falta de información de sus procesos.</li> </ul>
<b>Poder</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La gerencia concentra el poder dentro de la organización</li> </ul>

<b>Gestión del Aprendizaje y Habilidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se potencia adquisición de habilidades mediante capacitación.</li> <li>- No hay levantamiento de las habilidades requeridas por los equipos.</li> <li>- Planes de capacitación a nivel operativo y de seguridad laboral exigidos por clientes.</li> <li>- Sistematización de Conocimientos en sistema de Gestión Integrado</li> </ul>
 Riesgo bajo	
 Para Observar	
 Riesgoso	

Este diagnóstico fue validado en conjunto con la Gerencia de AINEL, el Jefe de Adquisiciones y Bodega y tres Administradores de Contrato pertenecientes a la línea de negocio Obras Eléctricas

## 7.6 Plan de Gestión del Cambio

El Plan de Gestión del Cambio se diseñó basado en la observación inicial y el diagnóstico realizado a la empresa dentro del alcance del proyecto de rediseño. Para el plan se tomaron las distinciones con mayor riesgo de impacto negativo sobre la implementación y se delinearón los aspectos para tener en cuenta.

La primera parte del cambio consistió en generar la estrategia de este proyecto alineada a la estrategia de la empresa de reducción de costos y crear el sentido para la Gerencia y Adquisiciones. Se formó un equipo de Gestión del cambio conformado por 3 personas que poseen el liderazgo dentro de la organización para conducir el proceso de implementación del rediseño y cuentan con las capacidades técnicas y la motivación para realizarlo. Se realizaron las escuchas de actores claves y se realizó la primera reunión para explicar el alcance del proyecto, la comunicación del equipo de Gestión del Cambio, el alcance del prototipo inicial y las expectativas de mejora con el proyecto de rediseño.

El resumen del plan de Cambio y su ejecución se encuentran resumidos en la siguiente tabla



**Tabla 6. "Plan de Cambio Rediseño del Proceso de Adquisiciones y Bodega"**

<b>Distinción</b>	<b>Plan de Cambio</b>	<b>Ejecución</b>
<b>Sentido y Estrategia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir la Estrategia del Proyecto alineada a la estrategia de la Empresa</li> <li>- Crear el sentido del Proyecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formación del Equipo de Gestión de cambio:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Jefe de Adquisiciones</i></li> <li>• <i>Jefe de Operaciones</i></li> <li>• <i>Analista de Gestión</i></li> </ul> </li> <li>- Reunión de inicio con actores Claves:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Información de Roles.</li> <li>• Información de Estrategia y generar sentido.</li> </ul> </li> <li>- Realizar escuchas con actores claves.</li> <li>- Crear narrativa y sentido del Proyecto.</li> <li>- Práctica de Información de Avances.</li> <li>- Mostrar avances a Gerencia en Reuniones para mantener motivación y asegurar el poder para el proyecto</li> </ul>
<b>Cambio y Conservación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñar Práctica para implementar cambio en Organización.</li> <li>- Definir que cambiar dentro del proceso de adquisiciones y Bodega.</li> <li>- Definir las buenas prácticas.</li> </ul>	
<b>Comunicaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asignar rol de encargado de comunicaciones para el proyecto.</li> <li>- Definir y comunicar actores relevantes para la ejecución del proyecto.</li> <li>- Definir hitos de comunicación y canales</li> <li>- Trabajar la narrativa adecuada con cada actor identificado.</li> </ul>	
<b>Poder</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asegurar apoyo de gerencia durante el proyecto.</li> </ul>	

## CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Para el apoyo tecnológico del rediseño del Proceso de Adquisiciones y Bodega se consideró la realización de un prototipo funcional como forma de simular y evaluar el funcionamiento del nuevo proceso rediseñado. No existe una forma certera de predecir el impacto organizacional de un nuevo proceso y la tecnología asociada con total precisión (Davenport, 1993) por lo que el uso de prototipos permite evaluar a pequeña escala y de forma gradual, el entorno organizacional y el uso de tecnología.

### 8.1 Plan Piloto

El prototipo tecnológico desarrollado está descrito en la sección 6.4 y cuenta con tres componentes que permiten el preprocesamiento de los datos, el análisis Multicriterio ABC-XYZ y el pronóstico de demanda. El mismo fue programado en Python mediante Jupyter Notebook instalado de forma local.



#### 8.1.1 Implementación de Plan Piloto.

El desarrollo del prototipo funcional de apoyo tecnológico permitió desarrollar en todas sus actividades el proceso “Generar Modelo de Gestión de Inventarios” descrito en 5.4.2, así como alimentar el proceso de “Cálculo de Cantidades” y Gestión de inventarios” descritos en la misma sección.

El plan de implementación del piloto funcional fue desarrollado siguiendo los siguientes hitos:

1. Extraer datos de movimientos de Inventario en Defontana años 2018 y 2019 y realizar preprocesamiento y análisis de los datos.
2. Realizar análisis multicriterio ABC-XYZ de inventarios 2018 y 2019 por separado y clasificar los SKU con movimientos.
3. Generar el Modelo de Gestión de Inventarios teniendo en cuenta matriz de decisión desarrollada para AINEL
4. Extraer una muestra de inventario y desarrollar cada una de las políticas según matriz de decisión.
5. Evaluar impacto económico en costos de inventario total.

Cada una de las fases del piloto fue generada y analizada en conjunto con el Jefe de Adquisiciones y Bodega y el Analista de Gestión teniendo en cuenta la experiencia de cada uno de estos en cuánto al costo de compras de los distintos materiales y análisis de los costos de AINEL, principalmente costos de inventarios y costos de OC. Los resultados fueron presentados a Gerencia de tal manera de obtener la validación económica y de negocio en el desarrollo de las políticas en la muestra considerada en el piloto.

### 8.1.2 *Análisis de Lógica de Negocios Implementada.*

En esta sección se describe el análisis todos los resultados obtenidos en la implementación del prototipo.

#### 8.1.2.1 *Preprocesamiento y Análisis de Datos*

Los datos obtenidos de ERP, pertenecientes a los movimientos de inventario del año 2019, fueron obtenidos mediante le informe Mayor Auxiliar de Inventario. La demanda en AINEL agregó de manera mensual debido al comportamiento de la demanda intram-es es poco significativa en cantidad de movimientos. Otra causa es la actualización tardía de los movimientos en el ERP debido a causas propias de la operación. Debido a esto se consideró el análisis en todo el año 2019. El set de datos extraído de ERP Defontana tiene las siguientes características:

- **19838** movimientos de inventario realizados (filas).
- **14** variables por cada movimiento (columnas).
- **2411** códigos de SKU con Movimientos.

	Código	Descripción	Fecha	Documento	Número	Bodega	Entrada	Salida	Saldo	Valor Unitario	Entrada.1	Salida.1	Saldo.1	Costo Unitario
2	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	2019-03-19	GUIA DE SALIDA	915	BODEGA CENTRAL AINEL	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	28016.0	28015.0	28015.750
3	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	2019-04-04	GUIA DE SALIDA	1100	BODEGA CENTRAL AINEL	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	28016.0	-1.0	28015.750
4	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	2019-04-30	PARTE DE ENTRADA	863	BODEGA CENTRAL AINEL	1.0	0.0	1.0	21469.0	21469.0	0.0	21468.0	21469.000
5	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	2019-05-02	GUIA DE SALIDA	1271 - 3664	BODEGA CENTRAL AINEL	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	21469.0	-1.0	21469.000
7	A001000000GA03	Gabinete Metálico 500x400x200 mm	2019-01-16	PARTE DE ENTRADA	126	BODEGA CENTRAL AINEL	2.0	0.0	4.0	45840.0	91680.0	0.0	250907.0	62726.875

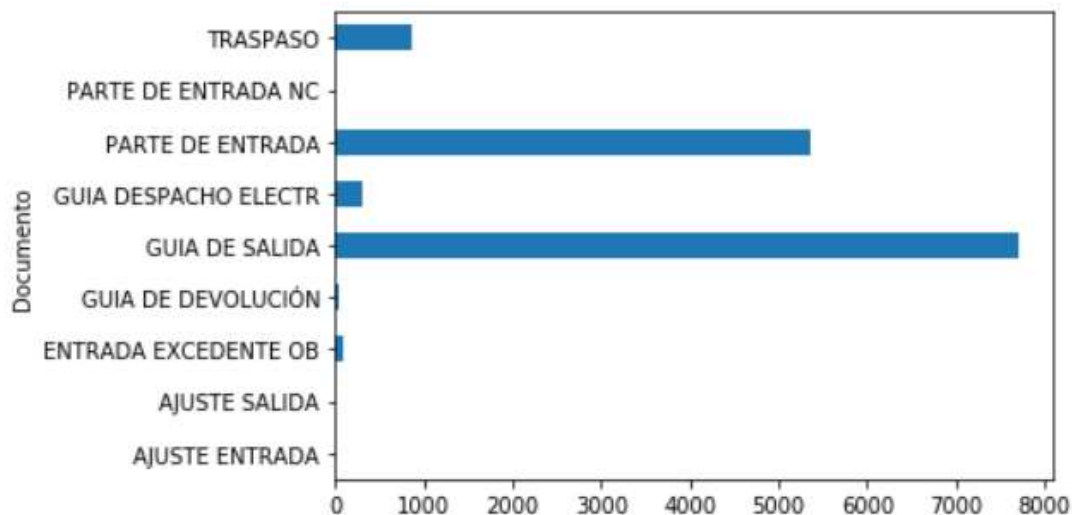
**Ilustración 28 “Muestra de Movimientos de Inventario”**

Las 14 variables, el tipo de dato en Python y la descripción son las siguientes

Variable	Tipo	Descripción
----------	------	-------------

Código	object	Código en ERP del SKU
Descripción	object	Descripción del SKU
Fecha	datetime64[ns]	Fechas del Movimiento
Documento	object	Tipo de Documento del movimiento
Número	object	Número del documento
Bodega	object	Bodega que realiza el movimiento
Entrada	float64	Cantidad de Entrada
Salida	float64	Cantidad de Salidas
Saldo	float64	Saldo en Inventario
Valor Unitario	float64	Valor Unitario de SKU en movimiento
Entrada.1	float64	Valor Total de Entrada (Entrada x Valor Unitario)
Salida.1	float64	Valor Total de Salida (Salida x Valor Unitario)
Saldo.1	float64	Valor del Saldo de Inventario
Costo Unitario	float64	Valor Unitario Promedio de SKU

Mediante el análisis con Jefe de Adquisiciones y Bodega se pudo comprobar que todos los movimientos de inventario (19838 iniciales) no constituían salidas efectivas o consumos de materiales. Existen algunos movimientos como “TRASPASO”, “AJUSTE DE SALIDA” y/o “AJUSTE DE ENTRADA” que no son movimientos efectivos de inventario según muestra la figura 22.



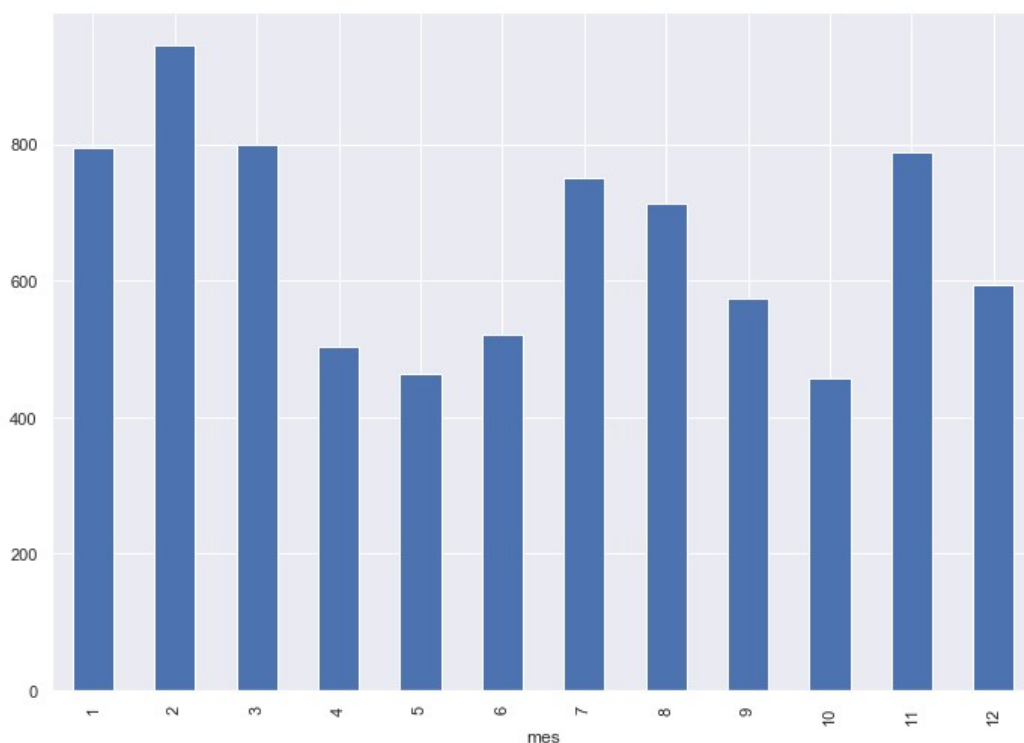
**Ilustración 29. "Movimientos de Inventario 2019 Agrupados por tipo de Movimiento"**

Estos movimientos que no constituyen salidas o entradas efectivas fueron sacados del análisis. También fueron sacados algunos movimientos asociados a: combustibles,

vehículos o herramientas que no constituyen materiales o insumos gestionados y controlados por departamento de Adquisiciones y Bodega. Además, se ajustaron los movimientos con saldos negativos correspondientes a errores de inventarios arrastrados de años anteriores. Cada uno de los movimientos que contenían la variable saldo saldos negativos fue igualados a cero:

*(if (saldo < 0) then (saldo = 0) OR if (saldo.1 < 0) then (saldo.1 = 0).*

Luego de realizado estos ajustes quedaron una cantidad de 13358 movimientos y 2369 códigos de SKU asociados que son relevantes para el análisis. De estos 2369 SKU solamente 2269 son SKU con movimientos de salida de inventario. El resumen de estos movimientos de salida mensuales se muestra en la ilustración 29:



**Ilustración 30. "Cantidad Mensual de Movimientos de Salida año 2019"**

El preprocesamiento consideró modificar el conjunto de datos separando la fecha: mes, año y día; además generar un dataframe auxiliar denominado **demanda** con las variables código, mes (1 a 12), año y cantidad de salida de cada SKU (0 en caso de no tener salidas). Este dataframe será utilizado como insumo por los componentes que realizan la clasificación y pronóstico de demanda.

### 8.1.2.2 Análisis Multicriterio ABC-XYZ

El análisis multicriterio del proceso “Generar Modelo de Gestión de Inventarios” se implementó mediante dos funciones de clasificación descritas en el Anexo 8. Para el análisis se utilizaron los datos de movimientos de inventario en 12 meses los cuales se obtuvieron de una etapa de preprocesamiento de los datos que entrega el informe de inventarios del ERP Defontana. Ambas etapas se implementaron en archivos notebook de Jupyter según el prototipo funcional descrito en el capítulo 6.4 y código en Python (Anexos 14 y 15). La demanda de salida del inventario fue agregada de manera mensual.

Los parámetros de clasificación para la función ABC fueron escogidos teniendo en cuenta la clasificación de Pareto descrita en (Andersson & Molin, 2017; Pandya & Thakkar, 2016; Scholz-Reiter et al., 2012; Stojanović & Regodić, 2017; Z. Zenkova & T. Kabanova, 2018) donde los parámetros de clasificación son:

- Clase A: 0% - 80% del consumo acumulado de inventario.
- Clase B: 80% - 95% del consumo acumulado de inventario.
- Clase C: 95% - 100% del consumo acumulado de inventario.

Los parámetros de clasificación para la función XYZ fueron escogidos teniendo en cuenta los trabajos de (Andersson & Molin, 2017; Scholz-Reiter et al., 2012; Stojanović & Regodić, 2017) donde los parámetros de clasificación son:

- Clase X: coeficiente de variación  $C_v < 0.5$
- Clase Y: coeficiente de variación  $0.5 < C_v < 1$
- Clase Z: coeficiente de variación  $C_v > 1$

Los resultados de la clasificación del inventario de AINEL LTDA se muestran en la tabla siguientes agrupadas por cantidad de SKU y por el Valor (\$) de consumo anual de cada clase:

**Tabla 7 "Resultados Análisis ABC-XYZ. Cantidad de SKU"**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Total general</b>
X	1	2	2	5
Y	5	26	33	64
Z	85	349	1766	2200
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>377</b>	<b>1801</b>	<b>2269</b>

**Tabla 8 "Resultado de Análisis ABC-XYZ. Valor consumo (\$)"**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Total general</b>
X	\$ 6,333,993	\$ 868,288	\$ 288,135	\$ 7,490,416
Y	\$ 36,346,393	\$ 20,967,322	\$ 2,221,773	\$ 59,535,488
Z	\$ 1,119,089,503	\$198,457,345	\$70,250,957	\$1,387,797,805
<b>Total</b>	<b>\$ 1,161,769,889</b>	<b>\$220,292,955</b>	<b>\$72,760,865</b>	<b>\$1,454,823,709</b>

Dentro de los análisis se consideraron los consumos anuales en valor (\$), cantidad de SKU en cada una de las clases así como las familias a las que pertenecen cada uno de los SKU. Se realizaron comparaciones de los promedios de consumo de cada clase teniendo en cuenta el número de SKU además de analizar los precios unitarios de compra dentro de cada clase.

De los resultados del análisis y la revisión de los elementos de inventario durante el año 2019 se puede concluir que:

- Las Clases AX, AY, AZ BX, BY, BZ CX y CY son aproximadamente el 22% de la cantidad de elementos con movimientos de inventarios en 2019. Las mismas representan el 95.17% de los consumos anuales en valor. Con esta clasificación se pueden enfocar las estrategias de gestión en un número reducido de elementos que tienen el mayor impacto.
- El 95.39% del valor de consumo del Inventario se concentra en los elementos clasificados como Z siendo también la clase con mayor cantidad de SKU.
- La clase AZ concentra la mayor cantidad de valor de consumo en solo 85 SKU cuya demanda es muy difícil de pronosticar pero concentra el 76.92% del valor de consumo total del Inventario. Esto hace que la implementación de políticas de reducción de costos de compra sea más orientada hacia esa clase.
- La clase con mayor consumo promedio de valor de inventarios es las clases A (\$12,766,702) con una significativa diferencia versus clase C (\$40,400)
- Los elementos de la clase X son en su mayoría elementos necesarios para mantener la operación día a día (elementos de protección, cemento y consumibles de obra)
- Los elementos de la clase Y están compuesto por un SKU correspondientes a elementos de protección personal (EPP), útiles de oficina y materiales de para la construcción de obras civiles eléctricas (OOC). Los EPP son necesarios para que operen la cuadrillas ya que las políticas de seguridad de AINEL son estrictas por lo que los trabajadores deben esperar, una vez contratados, a que se compren los elementos necesarios para realizar sus labores en las obras. El detalle por familias se puede consultar en los anexos 9 al 11.
- Los elementos ZC son aproximadamente el 78% de la cantidad de elementos de inventario, sin embargo, representan solamente el 4.83% de los consumos anuales.

### 8.1.2.3 Muestra de Inventario Seleccionada.

Para la evaluación del prototipo se eligió una muestra de SKU de tal manera que se pudiera generar la Matriz de Decisión del Modelo de Gestión de Inventarios. La muestra está compuesta por un conjunto de 34 SKU los cuáles se distribuyen en las siguientes clases en cantidades y consumo anual de valor.

**Tabla 9. "Clasificación de Muestra Seleccionada"**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Total</b>
X	1	2	2	5
Y	5	7		12
Z	14	3		17
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>34</b>

**Tabla 10. "Valor anual. Muestra seleccionada"**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Total</b>
X	\$ 6,333,993	\$ 868,288	\$288,135	\$ 7,490,416
Y	\$ 36,346,393	\$ 10,274,129		\$ 46,620,522
Z	\$ 208,033,007	\$ 4,212,756		\$ 212,245,763
<b>Total</b>	<b>\$ 250,713,393</b>	<b>\$ 15,355,173</b>	<b>\$288,135</b>	<b>\$ 266,356,701</b>

La muestra fue escogida por el Jefe de Adquisiciones y Bodega y revisada por la Gerencia para la implementación del primer piloto. Esta muestra representa en valor un 18.3% del consumo total de inventario en 2019 considerando solamente 34 elementos (1,5% de SKU totales). Esta muestra simplifica y acota la cantidad de ítems sobre los que habría que realizar una gestión durante la etapa de evaluación, de manera que se pueden obtener resultados rápidos, sin sobrecargar el proceso de Adquisiciones y Bodega, sobre una muestra significativa en el consumo anual (18,3%).

### 8.1.2.4 Pronóstico de Demanda

La segunda etapa del modelo de Gestión de Inventarios considera calcular el pronóstico de demanda para la muestra seleccionada. Para el apoyo computacional se implementó un tercer notebook en Jupyter descrito en 6.4 cuyo código fuente puede consultarse en el Anexo 16. Se calculó el pronóstico de demanda de cada elemento SKU de la muestra con 4 métodos diferentes:



1. Media Móvil Simple (n=3)
2. Media Móvil Simple (n=3)
3. Suavizado exponencial ( $\alpha=0.3$ )
4. Suavizado exponencial ( $\alpha=0.5$ )

Se utilizaron como datos de entrada la cantidad de elementos de salida mensuales por cada SKU en la muestra. Para la comparación de los resultados del pronóstico se utilizó el parámetro error medio absoluto (MAD). La media de los errores en porcentaje absoluto (MAPE) es otro parámetro que permite comparar los pronósticos pero no se utilizó en este proyecto ya que existen meses donde la demanda es igual a 0. Esta demanda con valor nulo indefinido el indicador de error e indica que no debe ser considerado.

Obtenido los resultados del pronóstico de demanda de la muestra se compararon los cuatro métodos de pronóstico mediante el indicador de error MAD. Los pronósticos con menor valor de MAD pronostican mejor la demanda futura.

La tabla siguiente muestra un resumen de la cantidad de SKU para lo cual un modelo de pronóstico fue el mejor predictor de la demanda según MAD. En el Anexo 12 se puede consultar los MAD para cada uno de los métodos de pronósticos utilizados por cada código de inventario.

**Tabla 11. "Mejor Método de Pronóstico por SKU"**

Método de Pronóstico	Cantidad de SKU (Mejor Pronóstico)
Media Móvil Simple (n=6)	15
Suavizado Exponencial ( $\alpha =0.3$ )	12
Suavizado Exponencial ( $\alpha =0.5$ )	5
Media Móvil Simple (n=3)	2
Total general	34

La media móvil simple con n=6 y el suavizado exponencial con  $\alpha =0.3$  son los dos métodos de pronósticos que concentran la mayor cantidad de SKU de la muestra (27 entre ambos) para un 44.1% y un 35.3% respectivamente.

Mediante este análisis se fijó a cada elemento el mejor modelo de pronóstico que servirá para realizar los cálculos de las cantidades necesarias para las políticas de inventarios del modelo de gestión. Dentro del rediseño se considera que mensualmente se evalúe el comportamiento de la demanda y se ajusten los pronósticos que mejor resultados ofrezcan según el comportamiento del parámetro MAD.

### 8.1.2.5 Modelo de Gestión de Inventarios

Los resultados de las etapas de clasificación ABC-XYZ y la realización del análisis de los distintos pronósticos de demanda sirvieron como entradas para el desarrollo final de la matriz de decisión del modelo de Gestión de Inventarios. Esta matriz se desarrolló teniendo en cuenta la matriz base descrita en 5.2 a la que se le hicieron modificaciones consecuentes con el análisis de la muestra. La propuesta fue validada por el negocio y la Gerencia en cada uno de los 34 elementos considerados en la muestra y para cada una de las distinciones.

	Distinciones	A	B	C
X	Estrategia de Aprovisionamiento	Compras Integradas EOQ	Compras Integradas EOQ Mantener Nivel de Servicio	Compras Integradas EOQ Mantener Nivel de Servicio
	Grado de Automatización del Proceso de Adquisiciones	Reemplazo automático	Reemplazo Automático	Reemplazo automático
	Inventarios de stock	Stock Calculado consumo medio.	Stock Calculado consumo medio.	Stock calculado consumo peak
	Tipo de Control de Inventario	Revisión Continua	Revisión Continua	Revisión Continua
	Método de previsión de demanda	Suavizado exponencial( $\alpha=0.5$ )	Suavizado exponencial( $\alpha=0.3$ )	Suavizado exponencial( $\alpha=0.3$ )
Y	Estrategia de Aprovisionamiento	Apoyo con Planificador. Compras Integradas.	Mantener Nivel de Servicio con precios unitarios bajos	Sin estrategia
	Grado de Automatización del Proceso de Adquisiciones	Evaluar reemplazo Periódicamente. EOQ	Evaluar el Reemplazo periódico. EOQ	
	Inventarios de stock	Mínimo de inventario	Stock Calculado consumo medio.	
	Tipo de Control de Inventario	Revisión Periódica	Revisión Periódica	
	Método de previsión de demanda	Suavizado exponencial( $\alpha=0.3$ ) MMS (n=6)	Suavizado exponencial( $\alpha=0.3$ ) ó MMS (n=6)	
Z	Estrategia de Aprovisionamiento	Integración con proveedores. Compras Integradas	Mantener Nivel de Servicio en SKU con precios unitarios bajos. Compras Integradas	Sin estrategia
	Grado de Automatización del Proceso de Adquisiciones	A pedido	Calcular reemplazo	
	Inventarios de stock	Mínimo de inventario	Stock Calculado consumo medio.	
	Tipo de Control de Inventario	Sin Control	Revisión Periódica	
	Método de previsión de demanda	Suavizado exponencial( $\alpha=0.5$ )	Suavizado exponencial( $\alpha=0.3$ ) ó MMS (n=6)	

La estrategia para la adquisición de materiales mediante este Modelo se realizó de la siguiente forma:

- Se Integraron las compras de todos los SKU de la clase AZ teniendo en cuenta la demanda anual actualizada con el pronóstico de demanda calculado. Se realizaron cotizaciones con varios proveedores indicando los retiros estimados durante el año con compromiso de OC para compra.
- Con el uso de la matriz se definieron las políticas de inventario para cada ítem, los puntos de reorden o de inventario fijado como meta. Se informaron a bodeguero y asistente administrativo del área de Adquisiciones para la generación de las alertas correspondientes en las clases donde era necesario tener las alertas de stock y reposición.
- Utilizando los pronósticos de demanda, los niveles de servicio, los tiempos de entrega de los materiales, los costos de inventario y los costos de realizar una Orden particulares de AINEL se realizaron los cálculos de la Cantidad Económica de la Orden para cada ítem.

- Se consideró un período de 30 días para los elementos que consideran políticas de inventario con revisión periódica.
- Para los ítems XC se consideraron realizar las compras teniendo en cuenta la política de inventario donde es conveniente la compra de la demanda anual debido a su bajo coste unitario. Se solicitaron cotizaciones por esta compra.

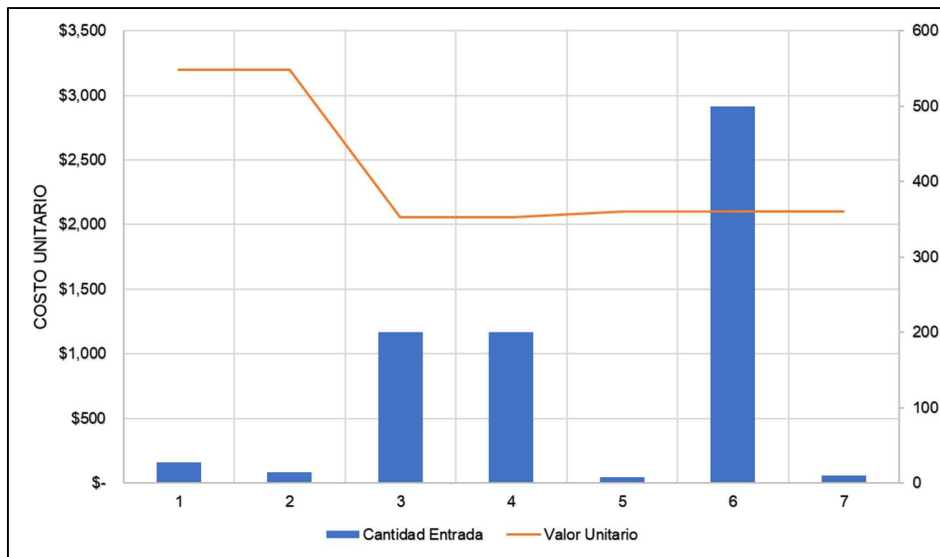
#### **8.1.2.6 Evaluación de Plan Piloto**

La evaluación del Plan Piloto del Modelo de Gestión de inventarios se realizó en base al ahorro en valor unitario de cada ítem escogido en la muestra. Se consideraron cotizaciones y/o compras realizadas hasta febrero de 2020. Se consideró una demanda en 2020 igual a la del año 2019 para estimar en valor (\$) la cantidad de ahorro versus el consumo anual en 2019.

Los ahorros logrados en cada uno de los ítems de los 34 seleccionados están descritos en el Anexo 13. Los principales resultados de la evaluación son los siguientes

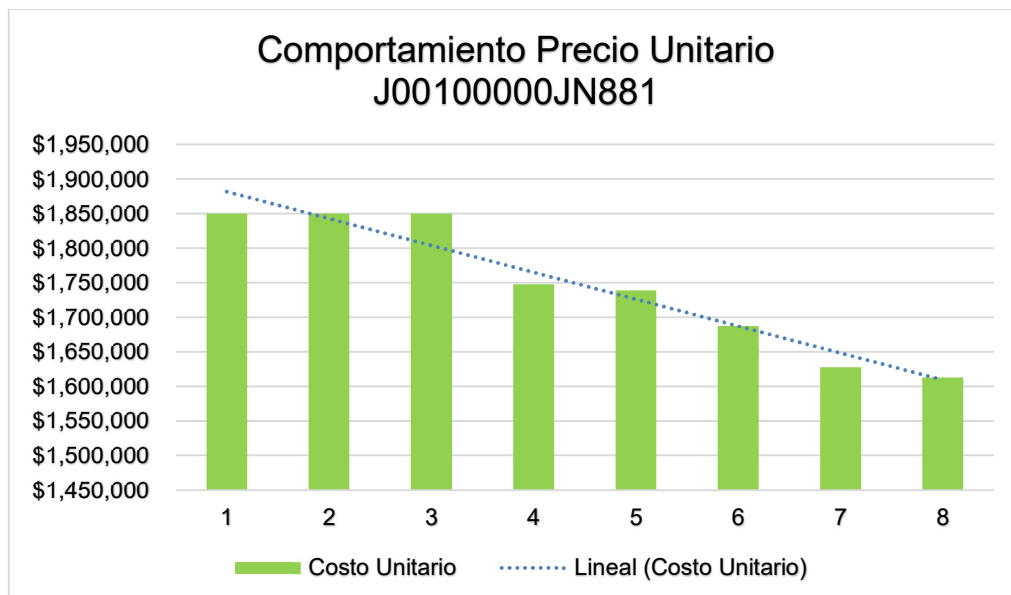
- El % de ahorro se encuentra desde -12% hasta un 75% de ahorro.
- Existen 21 SKU que se lograron ahorros por encima del objetivo esperado de 5%. (un 62% de la muestra)
- Existen 8 SKU (23.5% de la muestra) en los que no se logró un ahorro de precios y en 2 SKU (5% de la muestra) los precios aumentaron con respecto al valor de compra en 2019.
- El consumo anual de la muestra en 2019 fue de **\$ 266,356,701**. Los ahorros asociados a la implementación del rediseño del proceso mediante el Modelo de Gestión de Inventarios son de **\$21,489,159**, lo que representa un **8%** de ahorro en los costos de los materiales asociados a la muestra escogida.

Uno de los ejemplos es el ítem **J001000000IL57**, perteneciente a la clase AY según el análisis multicriterio. Este SKU es utilizado de manera regular en los contratos de obra pertenecientes a Alumbrado Público. En la siguiente gráfica se muestra cómo se logró estabilizar el precio del ítem a pesar de tener entradas por poca cantidad el precio se ha mantenido. Este precio se logró gracias a la realización de una orden de compra (OC) global al proveedor asegurando la compra de todo el año. Las primeras cuatro entradas son de finales de 2019 y los últimos tres movimientos son de 2020 donde a pesar de existir pedidos 10 y 8 unidades los precios se mantienen igual que el pedido de 500 unidades. Además, solamente se realiza el proceso de una OC mientras que en el proceso anterior se debían realizar 3 OCs. Esto favorece a reducir los tiempos de entrega del proveedor influyendo en los tiempos de entrega a las cuadrillas.



**Ilustración 31. "Precios Unitarios vs Tamaño del pedido. J00100000IL57"**

Otro ejemplo es el SKU **J00100000JN881** que pertenece a la clase AY. Luego de realizar varias gestiones con el área de ventas del proveedor de estos equipos, se logró establecer un precio preferencial para AINEL LTDA. Estos precios quedaron estipulados por un contrato dado que AINEL negoció ser cliente exclusivo del proveedor con dos líneas de equipos: Transformadores de Poder y Equipos Compactos de Medida (ECM).



**Ilustración 32. "Precio Unitario y Tendencia" SKU J00100000JN881**

Estas dos familias de artículos en conjunto representan el 28% del consumo anual de AINEL. Como se muestra en la figura el valor del ECM disminuyó en un 13% del valor inicial a principios de 2019. Este tipo de negociaciones también se construyen el marco del proyecto de rediseño de Adquisiciones y Bodega.

Otro de los resultados evaluados es la disminución de la cantidad de OC generadas para las compras. AINEL cuenta actualmente con un proceso de compras y pagos por cheques que demora la adquisición de materiales en, al menos 3 días, para la gestión de pago. Una de las ventajas del Modelo de Gestión de Inventarios es que ayuda a minimizar los costos asociados a la realización de OCs. Teniendo en cuenta la disminución en la realización de estos documentos y el costo asociados del mismo se pudo estimar que dentro de la muestra, el potencial de ahorro es de **\$2,206,196**. De las 478 OC realizadas en 2019 para los 34 elementos de la muestra solamente se deberían realizar 175 órdenes de compra, lo que significa una disminución de 63% en la cantidad de documentos generados.

## **8.2 Definición de Beneficios Y Costos**

Como se pudo constatar con la evaluación del plan piloto existe un potencial de mejora por encima del 5% en la reducción de costos de materiales. También existen mejoras a la operación de AINEL en la línea de negocio de Obras Eléctricas, dado que los tiempos de demora de entrega de materiales a las cuadrillas se ven impactadas por el rediseño. Estas mejoras están alineadas con la estrategia de Mejor Producto en liderazgo por costos, que ha desarrollado AINEL.

## **8.3 Flujo de Caja**

Para evaluar la realización de este proyecto se hará una evaluación económica del mismo. La evaluación realizada es una evaluación privada de proyectos que busca como objetivo maximizar la riqueza de los inversionistas privados. Para la misma se utilizaron precios de mercado y se aplicó la técnica de Costo-Beneficio.

Se considera en la evaluación un proyecto con financiamiento puro ya que los inversionistas financiarán el proyecto con capitales propio. El objetivo de la inversión es modernizar una empresa en funcionamiento por lo que se hicieron las consideraciones necesarias para medir costos y beneficios atribuibles 100% al proyecto.

### **8.3.1 Supuestos de la Evaluación Económica**

Para el cálculo del flujo de caja se tuvo en cuenta los siguientes supuestos generales:

- El horizonte de evaluación del proyecto es 3 años debido a que son los tiempos de duración estándar en los contratos con ENEL
- Proyecto Puro (100% de financiamiento)
- Costos de Materiales 28.7% de los costos de la Obra

- Crecimiento por ventas de un 10% anual. (Ventas línea de negocio Obras 2018, de \$4.296,407 Millones de Pesos) Esta estimación es bastante conservadora si se evalúa el crecimiento de AINEL en los últimos 3 años.

Teniendo en cuenta estos supuestos se planteó la ventaja económica de realizar el proyecto mediante la creación de un Flujo de Caja de la situación con Proyecto:

- Disminución de hasta un 8% en costo de materiales en tres años con la siguiente distribución [2%, 3.5%, 5%].
- Reducción de un 20% de OC generadas
- Reducción de Equipo de Compras en t= 2 (Chofer- ayudante-camión) dado una mejora en los procesos de Adquisiciones e Integración con proveedores.

Se consideran dentro del análisis Costo-Beneficio los costos de Horas Hombre de AINEL LTDA, los costos de adquisición de la plataforma tecnológica, así como el mantenimiento y pago del servicio en la nube de AWS. Se consideró también un Jefe de Proyecto (dedicado en 50% de su tiempo laboral a trabajar con el proyecto), un analista a tiempo completo para alimentar el sistema y llevar el seguimiento de indicadores del proceso, así como los costos en HH de Capacitaciones y Proyecto de Gestión del Cambio (Inversión). Los valores considerados están en la siguiente tabla:

Costos de Software	\$ 4,500,000
Costos de Gestión Mensual (HH Analista)	\$ 1,128,400
Costo Mantenimiento de Software y AWS (Mensual)	\$ 450,000
Costo de HH Jefe de Proyecto (Mensual)	\$1,587,500
Capacitaciones y Plan de Cambio	\$2,730,000
Costo de Generar OC	\$7,281
Cantidad de OC Anuales	3277
Costos de Camión + Conductor+ Ayudante (Mensual)	\$ 1,665,000

El análisis del flujo de caja del proyecto a implementar se considera una tasa de descuento del 15% ya que es la mínima tasa que considera la Gerencia de AINEL LTDA para considerar un proyecto viable. Los resultados del VAN y la TIR del proyecto son los siguientes:

<b>VAN</b>	<b>\$ 71,431,731</b>
<b>TIR</b>	<b>211%</b>

Lo que indica que el proyecto, dado los supuestos establecidos, es beneficioso dado que tiene un VAN mayor que cero. El flujo de caja detallado se muestra en la figura a continuación.

<b>Flujo Caja Proyecto Gestión de Inventarios y Demanda</b>				
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Ahorro Rediseño de Adquisiciones y Bodega</b>		<b>\$ 32,937,339</b>	<b>\$ 78,504,051</b>	<b>\$ 106,573,056</b>
Ahorro Costos en Valor de Materiales		\$ 30,551,298	\$ 56,138,010	\$ 84,207,015
Ahorro Equipo de Compras (t=2)			\$ 19,980,000	\$ 19,980,000
Ahorro Menor Cantidad de OC		\$ 2,386,041	\$ 2,386,041	\$ 2,386,041
Proyecto de Cambio (HH)		-\$ 9,525,000		\$ -
Mantenimiento de Sistema (HH Soporte TI+ AWS)		-\$ 5,400,000	-\$ 5,400,000	-\$ 5,400,000
Actualización y uso de Sistema (HH de Control de Gestión)		-\$ 16,660,800	-\$ 16,660,800	-\$ 18,326,880
<b>UAI</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 1,351,539</b>	<b>\$ 56,443,251</b>	<b>\$ 82,846,176</b>
Impuesto	\$ -	-\$ 270,308	-\$ 11,288,650	-\$ 16,569,235
<b>UDI</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 1,081,231</b>	<b>\$ 45,154,601</b>	<b>\$ 66,276,941</b>
<b>Flujo Caja Operacional</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 1,081,231</b>	<b>\$ 45,154,601</b>	<b>\$ 66,276,941</b>
<b>Inversion</b>	<b>-\$ 7,230,000</b>			
Capacitaciones y Plan de Cambio	-\$ 2,730,000			
Adquisición de Software	-\$ 4,500,000			
<b>Flujo Caja Capitales</b>	<b>-\$ 7,230,000</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>Flujo Caja Privado</b>	<b>-\$ 7,230,000</b>	<b>\$ 1,081,231</b>	<b>\$ 45,154,601</b>	<b>\$ 66,276,941</b>

### **Ilustración 33. "Flujo de Caja de Proyecto Rediseño"**

#### **8.4 Análisis de Sensibilidad**

Para el análisis de riesgo se realizó un análisis de sensibilidad con dos de las variables que más afectan el flujo de caja relevante.

##### **8.4.1 Análisis 1. Variación en ahorros.**

La variable estimación de ahorros generadas por el proyecto es una variable importante dentro de la evaluación. En el caso base se consideró un ahorro máximo en costos de materiales hasta un 5% según la siguiente distribución [ $t_1 = 2\%$ ,  $t_2 = 3.5\%$ ,  $t_3 = 5\%$ ]. Para este análisis de sensibilidad se varió en la estimación puntos porcentuales la estimación de ahorro para cada año del conjunto inicial. Este análisis nos permitió estimar el mínimo de ahorro exigido por el proyecto teniendo en cuenta constante los demás supuestos. Los resultados del análisis muestran que para una disminución de un 70% de los ahorros [ $t_1 = 0.6\%$ ,  $t_2 = 1.05\%$ ,  $t_3 = 1.5\%$ ] el proyecto queda con un VAN cercano a cero (\$ 1,777,685).

<b>Variación de Reducción Costos</b>	<b>Reducción de Costos x Año</b>			<b>Indicadores</b>	
	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>VAN (15%)</b>	<b>TIR</b>
100%	2.00%	3.50%	5.00%	<b>\$ 74,431,731</b>	<b>211.0%</b>
90%	1.80%	3.15%	4.50%	<b>\$ 61,481,153</b>	<b>183.0%</b>
80%	1.60%	2.80%	4.00%	<b>\$ 51,530,575</b>	<b>155.0%</b>
70%	1.40%	2.45%	3.50%	<b>\$ 41,579,997</b>	<b>128.0%</b>
60%	1.20%	2.10%	3.00%	<b>\$ 31,629,419</b>	<b>101.0%</b>
50%	1.00%	1.75%	2.50%	<b>\$ 21,678,841</b>	<b>74.0%</b>
30%	0.60%	1.05%	1.50%	<b>\$ 1,777,685</b>	<b>20.0%</b>

#### 8.4.2 Análisis 2. Variación en disminución de Ventas

Para el segundo análisis de riesgo se realizó un análisis de sensibilidad con el % de crecimiento de ventas de la empresa. En el caso base se consideró un aumento de un 5% de las ventas lo que representa un aumento variable de un 5% de los costos de materiales. En este caso se consideró disminuciones de las ventas en el rango de 5% y -50% considerando que ha futuro las ventas pueden caer afectando la compra de materiales estimada. Los resultados muestran que para una contracción del 25% en las ventas se tendría aun un VAN positivo siendo factible realizar el proyecto.

Variación Aumento de Ventas	Indicadores	
	VAN (15%)	TIR
5%	\$ 74,431,731	211.0%
0%	\$ 61,231,345	189.0%
-5%	\$ 51,758,908	168.0%
-25%	\$ 20,574,720	85.0%
-50%	-\$ 5,470,296	-7.0%



## **CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES**

---

Luego de la realización del rediseño del proceso de Adquisiciones y Bodega en AINEL LTDA se describen las principales conclusiones y recomendaciones para el trabajo futuro dentro del marco de implementación:

- El rediseño de los procesos de Adquisiciones y Bodega, mediante la utilización del Modelo de Gestión de Inventarios, genera una ventaja competitiva por costos para AINEL LTDA que se encuentra alineada al posicionamiento estratégico de la empresa en los servicios brindados a ENEL.
- Se evidencia la disminución de costos de materiales en un 8% dentro del alcance del prototipo utilizando políticas de integración con proveedores y compras en grandes volúmenes.
- Se evidencia una oportunidad de mejora en la disminución de horas hombre producto de la realización de Órdenes de Compra dentro del alcance de del prototipo.
- La clasificación según análisis ABC-XYZ focaliza las estrategias de gestión de inventario en un 22% del total de SKU que representan el 95% del costo anual de los materiales.
- El consumo anual de inventarios en AINEL está fuertemente caracterizada por tener una demanda del tipo Z (95.39% del consumo anual). Dentro de esta clasificación la clase la clase AZ concentra en 85 SKU el 76% del valor de inventario.
- Los grupos de familias más relevantes en cuánto a los consumos anuales de inventario son las familias Transformadores, Conductores, Luminarias Grupos Generadores y Equipos Compactos de Medida agrupan el 74.45% del consumo anual de valor.
- El uso de herramientas tecnológicas para apoyo del Modelo de Gestión de Inventarios en AINEL permite realizar de una manera ágil y escalable los análisis necesarios para tomar las decisiones de Negocio.
- Los resultados de la Evaluación Económica del proyecto a 3 años de horizonte arrojaron un VAN de \$ 71,431,731 y una TIR de 211%, que indican que sería viable económicamente escalar a un proyecto que permita gestionar todo el Proceso de Adquisiciones y Bodega de manera continua en AINEL LTDA. Los análisis de sensibilidad indican que los supuestos de ventas y ahorros de costos deberían cambiar significativamente para que el proyecto no sea viable económicamente.
- Se sugiere realizar simulaciones para analizar el comportamiento de la clasificación ABC-XYZ en distintos horizontes de tiempo y evaluar los resultados con el objetivo de analizar sus implicaciones en la efectividad del modelo.

## CAPÍTULO 10: BIBLIOGRAFÍA

---

- AINEL LTDA, P. de I. y O. E. (2019). *Balances Clasificados y Estado de Resultados AINEL LTDA (2016-2017-2018)*.
- Andersson, A., & Molin, E. (2017). *Procurement Policy: A Conceptual Design to Optimize Purchasing Policy and Safety Stocks*.
- Aquilano, N., Chase, R., & Jacobs, F. (2009). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros* (Duodécima). Edición-McGraw Hill.
- Axsäter, S. (1993). Continuous review policies for multi-level inventory systems with stochastic demand. *Handbooks in operations research and management science*, 4, 175-197.
- Barros, O. (2004a). *Ingeniería e-Business Ingeniería de Negocios para la Economía Digital*. <https://doi.org/10.13140/2.1.3071.5209>
- Barros, O. (2004b). *Ingeniería e-Business Ingeniería de Negocios para la Economía Digital*. <https://doi.org/10.13140/2.1.3071.5209>
- Barros, O. (2012). *Ingeniería de Negocios Diseño Integrado de Negocios, Procesos y Aplicaciones TI. Cuarta Parte*. 69.
- Barros, O. (2015). *Ingeniería de Negocios: Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Apoyo TI. Santiago de Chile: Amazon, Kindle Edition*.
- Barros, O., & Julio, C. (2011). Enterprise and process architecture patterns. *Business Process Management Journal*, 17(4), 598-618.
- Bartmann, D., & Beckmann, M. J. (1992). *Inventory control: Models and methods*. Springer-Verlag.
- Cachon, G. P., & Zipkin, P. H. (1999). Competitive and Cooperative Inventory Policies in a Two-Stage Supply Chain. *Management Science*, 45(7), 936-953. <https://doi.org/10.1287/mnsc.45.7.936>
- Capkun, V., Hameri, A.-P., & Weiss, L. A. (2009). On the relationship between inventory and financial performance in manufacturing companies. *International Journal of Operations & Production Management*, 29(8), 789-806.
- Chen, Y., Li, K. W., Marc Kilgour, D., & Hipel, K. W. (2008). A case-based distance model for multiple criteria ABC analysis. *Part Special Issue: New Trends in Locational Analysis*, 35(3), 776-796. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2006.03.024>

- Davenport, T. H. (1993). *Process innovation: Reengineering work through information technology*. Harvard Business Press.
- DEFONTANA ERP. (2018). *Informe de Ventas AINEL 2018*. AINEL LTDA.
- Departamento Control de Gestión AINEL LTDA. (2018). *Informe de Control de Gestión de Obras*. AINEL LTDA.
- Devarajan, D., & Jayamohan, M. S. (2016). Stock control in a Chemical Firm: Combined FSN and XYZ Analysis. *Procedia Technology*, 24, 562-567. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.05.111>
- Electricidad, La revista Energética de Chile. (2019, diciembre 30). Los desafíos del sector eléctrico para 2020 que advierte System. *Electrónica*. <http://www.revistaei.cl/2019/12/30/los-desafios-2020-para-el-sector-electrico-que-advierte-systep/>
- Errasti, A., Chackelson, C., & Santos, J. (s. f.). *Sistema experto de mejora de la gestion de inventarios soportado en metodos de prevision de demanda: Estudio de caso*. 9.
- Errasti, A., Chackelson, C., & Santos, J. (2010). Sistema experto de mejora de la gestion de inventarios soportado en metodos de prevision de demanda: Estudio de caso. *4th International Conference On Industrial Engineering and Industrial Management*, 1830-1838.
- Ferenčíková, D. (2014). Inventory Management in Small and Medium-Sized Manufacturing Companies and Its Main Dilemmas. *Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 756-762.
- Flores, B. E., Olson, D. L., & Dorai, V. K. (1992). Management of multicriteria inventory classification. *Mathematical and Computer modelling*, 16(12), 71-82.
- Grant, R. M. (2016). *Contemporary strategy analysis: Text and cases edition*. John Wiley & Sons.
- Hax, A. C., & Wilde, D. L. (1999). The delta model: Adaptive management for a changing world. *Sloan Management Review*, 40, 11-28.
- Hax, A., & Wilde, D. L. (2003). El Modelo Delta-Un Nuevo Marco Estratégico. *Journal of Strategic Management Education*.
- Hedenstierna, P., Hilletoft, P., & Hilmola, O.-P. (2009). Design of a framework for inventory control: Evaluation of forecasting and inventory control system. *International Conference on flexible control systems*, 573-580.

- Kaplan S., R., & Norton P., D. (1996). The balanced scorecard: Translating strategy into action. *Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts*, 9.
- Kefer, P., Milanovic, D. D., Misita, M., & Zunjic, A. (2016). Fuzzy multicriteria ABC supplier classification in global supply chain. *Mathematical Problems in Engineering*, 2016.
- Kettinger, J., Teng, J. T. C., & Guha, S. (1997). *BPR Techniques and Tools Business Process Change: A Study of Methodologies, Techniques, and Tools\**. MIS Quarterly.
- Lolli, F., Ishizaka, A., & Gamberini, R. (2014). New AHP-based approaches for multi-criteria inventory classification. *International Journal of Production Economics*, 156, 62-74. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.05.015>
- Ministerio de Energía Chile. (2016). *Energía 2050 política energética de Chile* (Segunda Edición). Ministerio de Energía. [http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/energia\\_2050\\_-\\_politica\\_energetica\\_de\\_chile.pdf](http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050_-_politica_energetica_de_chile.pdf)
- Minner, S. (2003). Multiple-supplier inventory models in supply chain management: A review. *International Journal of Production Economics*, 81, 265-279.
- Olguin Macaya, E., Crawford, B., & Soto, R. (2016). Gestión del cambio para proyectos tecnológicos: Usando un modelo integral de gestión del cambio. *Actas de la 11a Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*. Sistemas y Tecnologías de Información, Gran Canaria, España.
- Osterwalder, A. (2004). *The business model ontology a proposition in a design science approach*. Université de Lausanne, Faculté des hautes études commerciales.
- Pandya, B., & Thakkar, H. (2016). *A Review on Inventory Management Control Techniques: ABC-XYZ Analysis*.
- Porter, M. (2011). ¿ Qué es la estrategia. *Harvard Business Review*, 89(11), 100-117.
- Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press: N. Y.
- Porter, M. E. (1986). *Competition in global industries*. Harvard Business Press.
- Rajeev, N. (2008). Inventory management in small and medium enterprises: A study of machine tool enterprises in Bangalore. *Management Research News*, 31(9), 659-669.

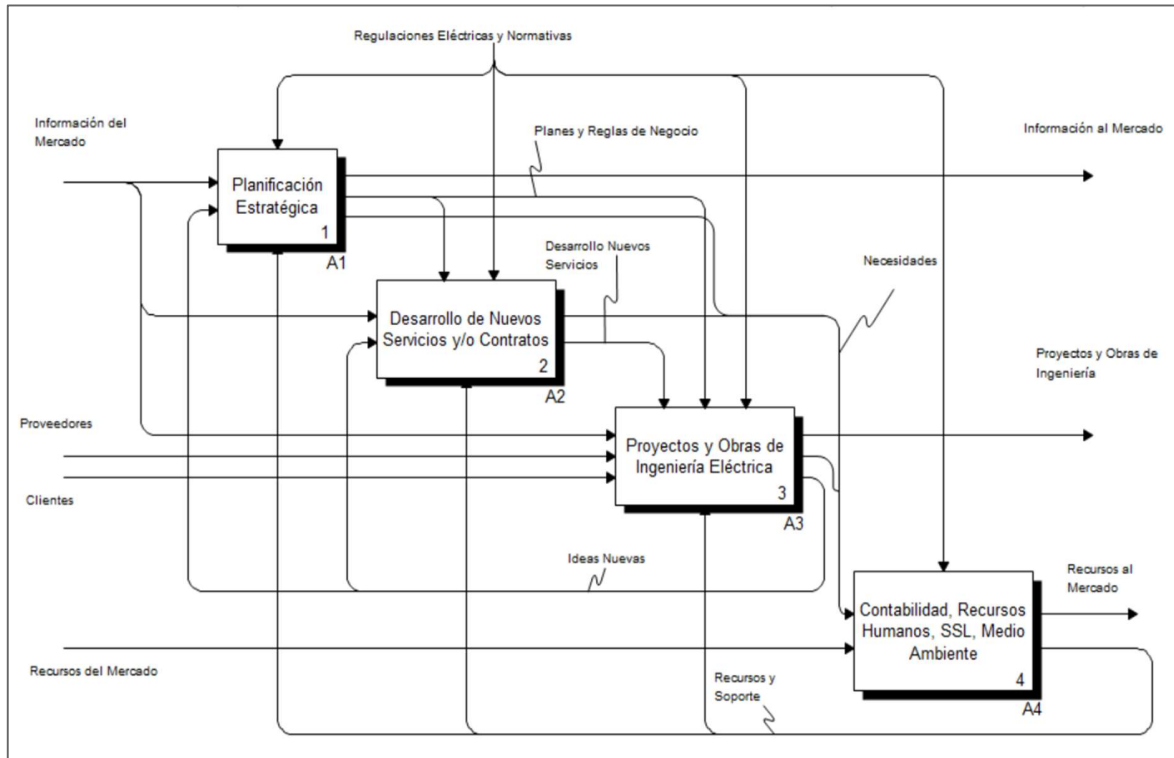
- Ramanathan, R. (2006). ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization. *Computers & Operations Research*, 33(3), 695-700.
- RathinaKumar, V., Priya, K., Kumar.I, P., & Ravekumar, C. (2018). Construction Material Management through Inventory Control Techniques. *International Journal of Engineering & Technology*, 7, 899. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.12.16558>
- Reijers, H. A., & Mansar, S. L. (2005). Best practices in business process redesign: An overview and qualitative evaluation of successful redesign heuristics. *Omega*, 33(4), 283-306.
- (Research Scholar, SRM University, Chennai, India), & Dhoka, D. K. (2013). "XYZ" Inventory Classification & Challenges. *IOSR Journal of Economics and Finance*, 2(2), 23-26. <https://doi.org/10.9790/5933-0222326>
- Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C., & Bergmann, J. (2012). Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: Practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(4), 445-451. <https://doi.org/10.1108/17410401211212689>
- Schroeder, R. G., Goldstein, S. M., & Rungtusanatham, M. J. (2011). *Administración de Operaciones. Conceptos y Casos contemporáneos* (Quinta Edición). México: Mc Graw Hill.
- Sethi, S. P., Yan, H., & Zhang, H. (2003). Inventory Models with Fixed Costs, Forecast Updates, and Two Delivery Modes. *Operations Research*, 51(2), 321-328. <https://doi.org/10.1287/opre.51.2.321.12777>
- Stojanović, M., & Regodić, D. (2017). The Significance of the Integrated Multicriteria ABC-XYZ Method for the Inventory Management Process. *Acta Polytechnica Hungarica*, 14(5), 20.
- Teunter, R. H., Babai, M. Z., & Syntetos, A. A. (2010). ABC classification: Service levels and inventory costs. *Production and Operations Management*, 19(3), 343-352.
- Valencia Cárdenas, M., Díaz Serna, F. J., & Correa Morales, J. C. (2015). Inventory planning with dynamic demand. A state of art review. *DYNA*, 82(190), 182-191. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n190.42828>
- Z. Zenkova, & T. Kabanova. (2018). The ABC-XYZ analysis modified for data with outliers. *2018 4th International Conference on Logistics Operations Management (GOL)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/GOL.2018.8378073>

Zhu, Y., Wang, Q. A., Li, W., & Cai, X. (2017). An analytic method for sensitivity analysis of complex systems. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 469, 52-59. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2016.11.059>

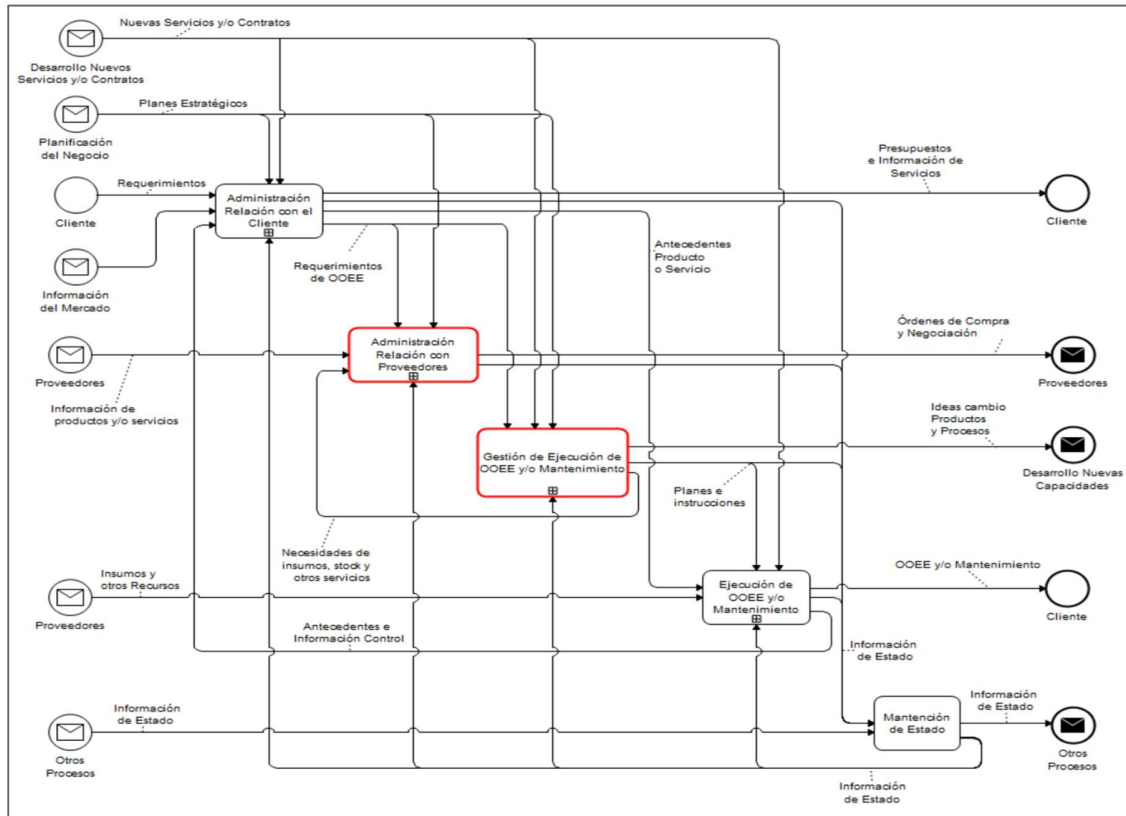
Zuluaga, C. A. C., Cadavid, D. C. U., & Urrego, J. A. C. (2014). Marco de referencia para el desarrollo de un sistema de apoyo para la toma de decisiones para la gestión de inventarios. *INGE CUC*, 10(1), 30-42.

## CAPÍTULO 11: ANEXOS

### Anexo 1 "Macroprocesos de AINEL LTDA"

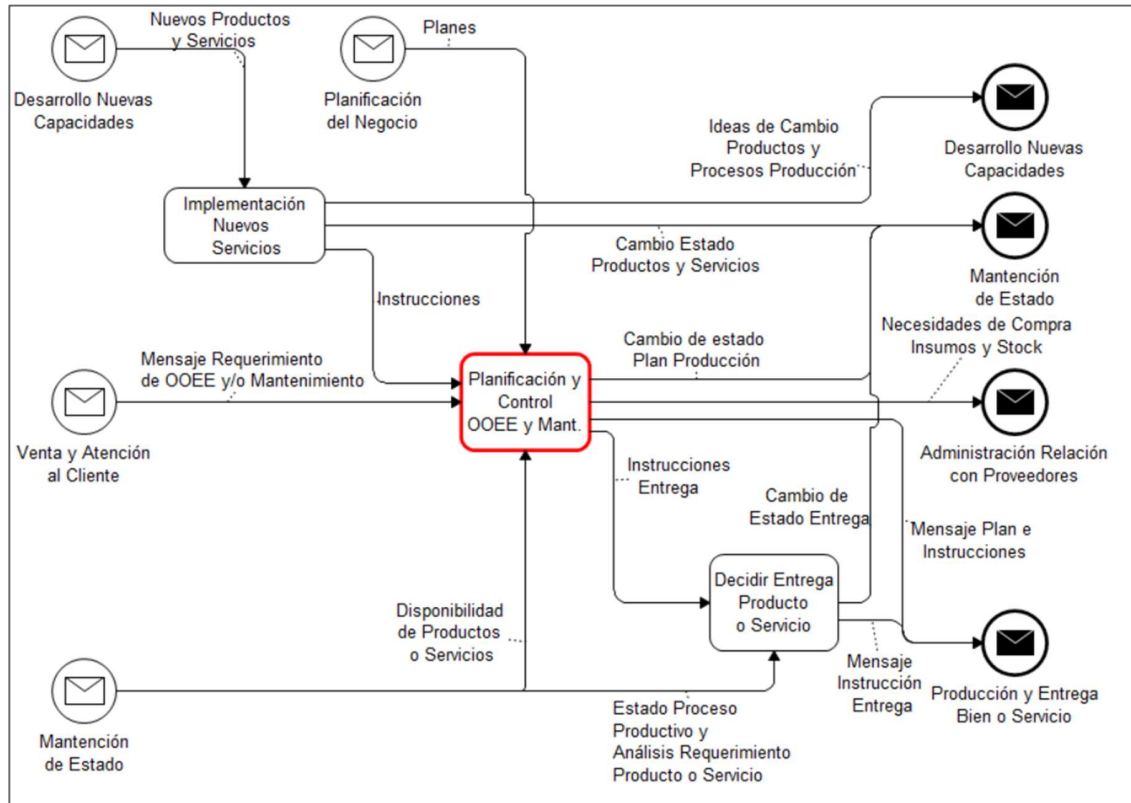


## Anexo 2 “Nivel 1 Cadena de Valor”

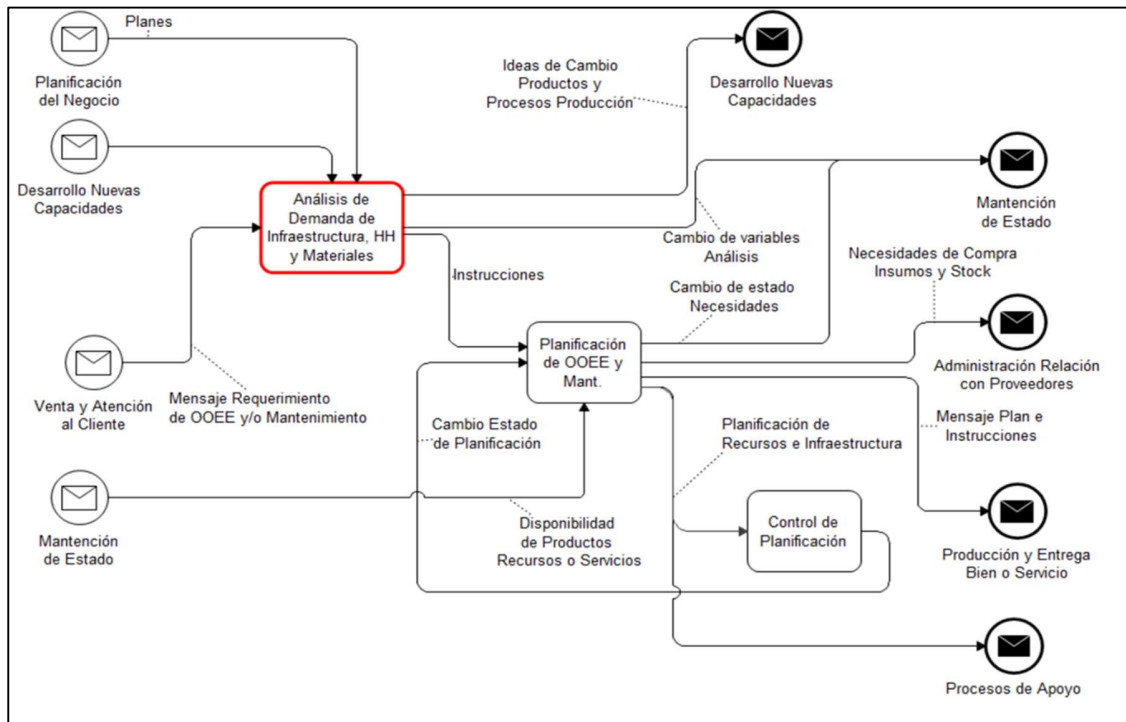




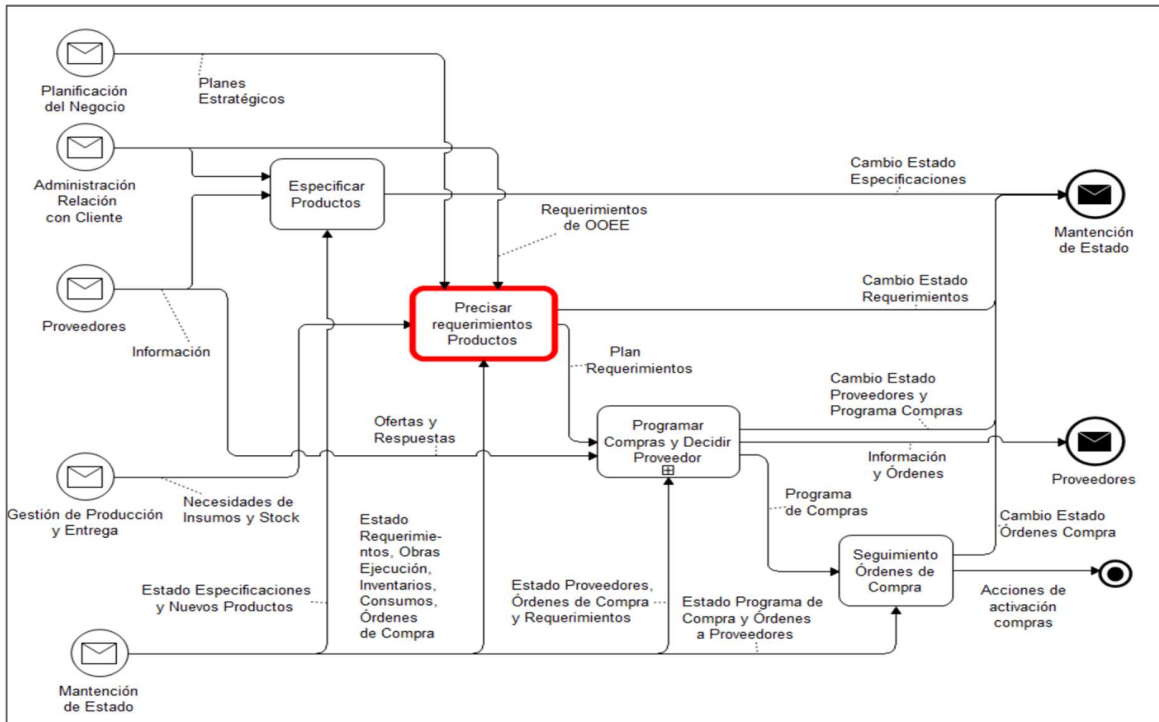
Anexo 3 “Nivel 2 Gestión de Ejecución de OOOE y/o Mantenimiento”



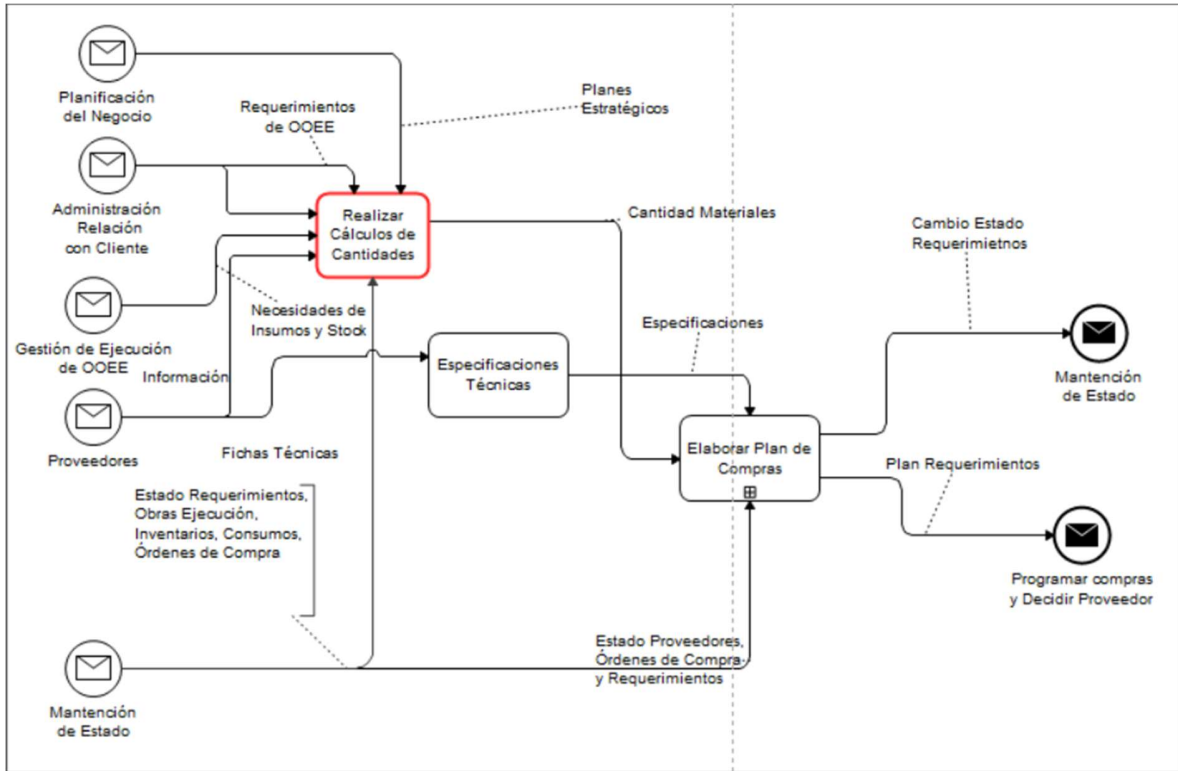
### Anexo 4 “Nivel 3 Gestión de Ejecución de OOOE y/o Mantenimiento”



## Anexo 5 “Nivel 2 Administración y Relación con Proveedores”



### Anexo 6 “Nivel 3 Precisar Requerimientos de Productos”



**Anexo 7 “Escuchando Actores relevantes, Narrativas y Ofertas”**

<b>Actor</b>	<b>Escuchar de su interpretación respecto al proyecto</b>	<b>Escuchar de sus IQPs – DPSs – AEIOUs relevantes o que podrían incidir en el proyecto</b>	<b>Narrativas</b>	<b>Ofertas</b>	<b>Preguntas importantes</b>
Gerencia	Aumentar negociaciones con proveedores y disminuir los tiempos de respuesta del proceso de Adquisiciones y Bodega.	<p>Dimensión de mejoras económicas para la empresa.</p> <p>Gastos asociados al proyecto para implementación.</p> <p>Urgencias Operacionales que desplacen el proyecto.</p> <p>Concretar un proceso de Adquisiciones y Bodegas Eficiente.</p> <p>Mejoras económicas para la empresa.</p> <p>Mejoras operativas</p> <p>Factibilidad real del proyecto</p>	<p>Las empresas sienten que crecer es algo espontáneo y necesario para las organizaciones; sin embargo, uno de los procesos más peligrosos en la vida de las organizaciones son los crecimientos pocos planificados. Nuestra empresa ha venido creciendo de manera acelerada en los últimos 2 años. Este crecimiento nos ha generado que cada una de las áreas haya tenido que replantearse sus procesos. Actualmente el proceso que más está afectando la eficiencia de nuestra empresa es Adquisiciones. Los costos de materiales son aproximadamente un 30% de los costos de los servicios y la llegada tardía de los mismos afecta la productividad de las cuadrillas ya que tardan más</p>	<p>Actualmente yo estoy realizando un Magister de Negocios que conlleva realizar una tesis. Creo que sería conveniente realizar mi proyecto de Tesis dentro de la empresa y así apoyo a que el desarrollo que hemos tenido se mantenga en el tiempo. Todo el proceso de Adquisiciones podría ser parte de mi proyecto y así ayudar a mejorar los costos de nuestros servicios</p>	<p>¿Qué aspiraciones tiene para la empresa?</p> <p>¿Cree que el crecimiento es necesario en AINEL?</p> <p>¿Cuáles son los principales dolores actualmente?</p>

			en realizar los trabajos.		
Jefe de Área de Operaciones	Rediseño del proceso de Adquisiciones y Bodega en AINEL LTDA	Mejoras económicas y operativas asociadas a la estrategia de la empresa	Para terminar el MBE necesito realizar un proyecto de Tesis en una Organización real. Me enfocaré a realizarlo dentro de mi empresa ya que creo que será interesante para los Gerentes.	Termina el MBE y te irá mejor en la vida laboral.	¿Quieres terminar el MBE?  ¿Quieres ayudar a mejorar en AINEL?
Administradores de Contrato	Agrupar compras y mantener materiales en stock que sean necesarios.	Dudas de implementación de este.  Dudas en Apoyo de Gerencia.  Expectativas de Mejoras en tiempos de respuestas de materiales.  Implicaciones en su trabajo de gestión.	Actualmente se han podido dar cuenta que el Área de Adquisiciones no está dando abasto con los tiempos comprometidos de los materiales. Creo que de cierta manera deberíamos mejorar y realizar exigencias a Adquisiciones para que nuestros servicios no se atrasen y puedan mejorar los KPI de sus contratos	Comenzaré a implementar una mejora en los procesos de Adquisiciones y quiero que ustedes evalúen y den propuestas de lo que les gustaría que Adquisiciones hiciera.	¿se sienten con deseos de mejorar sus procesos
Encargado de Adquisiciones y Bodega	Utilización de políticas de inventario y compras al por mayor	Utilización de nuevos procesos de Adquisiciones y Bodegas.  Uso de herramientas TI adicionales.  Apoyo de Gerencia para los procesos de implementación.  Mejoras operativas. Oportunidad de	Hemos revisado los costos y las mejoras que se han realizado al área de Adquisiciones y debemos plantear una estrategia para mejorar en cuanto a la disponibilidad de los materiales en las obras. Hasta el momento creo que han hecho bastantes esfuerzos con los	Vamos a realizar un proyecto en conjunto que pueda agilizar el trabajo de ustedes en la Bodega y Compras de materiales para que disminuyan los reclamos de las distintas áreas. Este proyecto será validado por la Gerencia así que podremos realizar mejoras a	

		mejora y planificación.  Capacidad de generar mejores compras.	recursos que tienen pero debemos mejorar los tiempos de adquisiciones para satisfacer las necesidades de todo AINEL	sus recursos y delimitar sus responsabilidades con otras Áreas. Así también podremos capacitarlos a todos según sus necesidades.	
Jefes de Obras	Modificaciones al proceso de pedir materiales	Disponibilidad de materiales en Bodega  Desconocimiento de otras mejoras.  Posibles retrasos en el proceso de implementación.	Se está realizando un proyecto para mejorar los tiempos de entregas de materiales y herramientas. Es necesario que tengan algo de paciencia durante su implementación ya que cambiará la forma de hacer algunas cosas dentro de la Bodega	Creo que deberían darnos todo el feedback posible de este proceso ya que ustedes se ven afectados constantemente con la llegada de los materiales	
Bodeguero	Mantener stock. Dar alertas de quiebres.	Utilización de herramientas TI.  Posible desempleo.  Administración diferente.  Aumento de labores administrativas.  Implementar un mejor seguimiento de materiales y alertas tempranas	Vamos a realizar un proyecto para mejorar todo el proceso de Adquisiciones y Bodegas así que creo que van a mejorar tus condiciones. La gerencia está apoyando estos cambios.	No te preocupes que no necesitarás realizar trabajos adicionales y estaremos oyendo tu opinión en todo el desarrollo del proyecto. Creo que vas a poder utilizar más herramientas tecnológicas que permitirás estar mejor capacitado.	

## Anexo 8 "Funciones de Clasificación ABC y XYZ"

```
#Función de Pareto para Análisis ABC
#Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C., & Bergmann, J. (2012).
#Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: Practical investigation at an industrial company.
#International Journal of Productivity and Performance Management, 61(4), 445-451. https://doi.org/10.1108/17410401211212689
```

```
#Se debe pasar por parámetro el dataframe de inventario que se quiere analizar
#Se debe pasar fecha mínima donde comenzar el análisis (Ejemplo: si análisis desde marzo 2019 fecha= 31-01-2019)
```

```
def create_pareto_clasification(df, fecha):

    df=df[df['Fecha']>fecha]
    df=df[df['Salida']>0].groupby(['Código', 'Descripción'])['Salida_valor'].sum().reset_index()
    df=df.sort_values(by='Salida_valor', ascending=False).copy()
    var_sku=df['Salida_valor']
    df["cumpercentage"] = var_sku.cumsum()/var_sku.sum() #Cálculo el acumulado anual
    #Clasificación ABC
    df.loc[df.cumpercentage <= 0.8, "ABC_ANALISIS"] = 'A'
    df.loc[(df.cumpercentage > 0.8) & (df.cumpercentage<=0.95), "ABC_ANALISIS"] = 'B'
    df.loc[df.cumpercentage > 0.95, "ABC_ANALISIS"] = 'C'
    return df
```

```
#Análisis XYZ según las salidas de SKU por cada mes
#Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C., & Bergmann, J. (2012). Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis:
#Practical investigation at an industrial company. International Journal of Productivity and Performance Management
#Stojanović, M., & Regodić, D. (2017). The Significance of the Integrated Multicriteria ABC-XYZ Method for the Inventory
#Management Process. Acta Polytechnica Hungarica, 14(5), 20.
```

```
#Parámetros d entrada:
#el dataframe formato ERP AINEL, variable a analizar (Nombre Variable), periodos de análisis (entero),
#demanda (dataframe incluyendo meses son salidas): Ejemplo
```

```
# Código mes*anno Salida
#A001000000GA02*1 2019 0.0
#A001000000GA02*2 2019 0.0
#A001000000GA02*3 2019 1.0
#A001000000GA02*4 2019 1.0
```

```
def create_XYZ_clasification(df, var_sku, periodo, demanda):
    import pandas as pd
    import statistics
    temp=df[df[var_sku]>=0].groupby('Código')[var_sku].sum().reset_index()
    p=temp.sort_values(by=var_sku, ascending=False)
    #Cálculo media simple
    p["mean"] = p[var_sku]/periodo
    p["std_dev"]=0
    list=pd.unique(p['Código']).tolist()
    #Extraer lista de SKU para calcular Desviación Estándar teniendo en cuenta la cantidad de periodos
    for palabra in list:
        dem_tmp=demanda[demanda['Código']==palabra]
        dev=statistics.pstdev(dem_tmp['Salida'].tail(periodo))
        p.loc[p['Código']==palabra, 'std_dev']=dev
    #Calculo el coeficiente variación
    p["cv"]=p['std_dev']/p['mean']
    #Clasifico XYZ
    p.loc[p.cv < 0.5, "XYZ_ANALISIS"] = 'X'
    p.loc[(p.cv >= 0.5) & (p.cv<1), "XYZ_ANALISIS"] = 'Y'
    p.loc[p.cv >= 1, "XYZ_ANALISIS"] = 'Z'
    return p[p['cv']>0]
```



**Anexo 9 "Movimientos de Inventario 2019 x Familia de productos. Clasificación XYZ"**

<b>FAMILIA DE ARTÍCULOS</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Total</b>
ACCESORIOS TABLEROS		2	7	9
AIRE ACONDICIONADO			18	18
ARIDOS Y OCCC	1	5	67	73
ARTEFACTOS ELÉCTRICOS			39	39
BARRAS ELECTRICAS			27	27
CAJA AP			1	1
CAJAS			15	15
CAJAS DISTRIBUCIÓN			2	2
CANALIZACIONES ELÉCTRICAS		1	219	220
CONDUCTORES		2	139	141
CONECTORES ELECTRICOS		1	20	21
CONSUMIBLES HERRAMIENTAS	1	2	86	89
ECM		1	11	12
EQUIPOS COMPUTACIÓN			33	33
ESTRUCTURAS METÁLICAS		1	96	97
FERRETERÍA ELECTRICA		2	184	186
FIJACIONES		1	49	50
FUSIBLES			21	21
GABINETES Y CAJAS			50	50
GANCHOS AP			6	6
GENERADORES			1	1
HERRAMIENTAS		1	171	172
LIMPIEZA Y ASEO		5	30	35
LUMINARIAS		2	53	55
MEDIDORES			4	4

<b>OTROS</b>			<b>51</b>	<b>51</b>
<b>PINTURAS</b>		<b>1</b>	<b>43</b>	<b>44</b>
<b>POSTES AP</b>			<b>22</b>	<b>22</b>
<b>POSTES DISTRIBUCIÓN</b>			<b>4</b>	<b>4</b>
<b>PROTECCIONES ELÉCTRICAS</b>			<b>58</b>	<b>58</b>
<b>PUESTA TIERRA</b>			<b>38</b>	<b>38</b>
<b>RECONECTADORES</b>			<b>1</b>	<b>1</b>
<b>REPUESTO DE VEHÍCULO</b>			<b>129</b>	<b>129</b>
<b>ROPA Y EPP</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>175</b>	<b>192</b>
<b>SOPORTES</b>			<b>14</b>	<b>14</b>
<b>TABIQUES</b>			<b>22</b>	<b>22</b>
<b>TAPAS Y CÁMARAS</b>			<b>31</b>	<b>31</b>
<b>TERMINALES Y AISLACIONES</b>		<b>8</b>	<b>103</b>	<b>111</b>
<b>TRANSFORMADORES</b>			<b>18</b>	<b>18</b>
<b>TUBERÍA HIDRÁULICA</b>			<b>44</b>	<b>44</b>
<b>UTILES OFICINA</b>		<b>15</b>	<b>98</b>	<b>113</b>
<b>Total general</b>	<b>5</b>	<b>64</b>	<b>2200</b>	<b>2269</b>

**Anexo 10 "Movimientos de Inventario 2019 x Familia de productos. Clasificación ABC"**

<b>FAMILIA DE ARTÍCULOS</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Total</b>
<b>ACCESORIOS TABLEROS</b>		<b>2</b>	<b>9</b>	<b>11</b>
<b>AIRE ACONDICIONADO</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>18</b>
<b>ARIDOS Y OCCC</b>		<b>16</b>	<b>55</b>	<b>71</b>
<b>ARTEFACTOS ELÉCTRICOS</b>		<b>3</b>	<b>35</b>	<b>38</b>
<b>BARRAS ELECTRICAS</b>		<b>4</b>	<b>23</b>	<b>27</b>
<b>CAJA AP</b>			<b>1</b>	<b>1</b>
<b>CAJAS</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>35</b>	<b>40</b>
<b>CAJAS DISTRIBUCIÓN</b>		<b>2</b>		<b>2</b>
<b>CANALIZACIONES ELÉCTRICAS</b>	<b>6</b>	<b>45</b>	<b>169</b>	<b>220</b>
<b>CONDUCTORES</b>	<b>8</b>	<b>26</b>	<b>107</b>	<b>141</b>
<b>CONECTORES ELECTRICOS</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>21</b>
<b>CONSUMIBLES HERRAMIENTAS</b>	<b>2</b>	<b>17</b>	<b>69</b>	<b>88</b>
<b>ECM</b>		<b>4</b>	<b>8</b>	<b>12</b>
<b>EQUIPOS COMPUTACIÓN</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>22</b>	<b>33</b>
<b>ESTRUCTURAS METÁLICAS</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	<b>78</b>	<b>96</b>
<b>FERRETERÍA ELECTRICA</b>	<b>8</b>	<b>29</b>	<b>149</b>	<b>186</b>
<b>FIJACIONES</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>35</b>	<b>50</b>
<b>FUSIBLES</b>		<b>2</b>	<b>19</b>	<b>21</b>
<b>GANCHOS AP</b>		<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
<b>GENERADORES</b>			<b>1</b>	<b>1</b>
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>130</b>	<b>172</b>
<b>LIMPIEZA Y ASEO</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>27</b>	<b>35</b>
<b>LUMINARIAS</b>		<b>5</b>	<b>50</b>	<b>55</b>

<b>MEDIDORES</b>		<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>OTROS</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>39</b>	<b>51</b>
<b>PINTURAS</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>38</b>	<b>44</b>
<b>POSTES AP</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>22</b>
<b>POSTES DISTRIBUCIÓN</b>		<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>PROTECCIONES ELÉCTRICAS</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>48</b>	<b>58</b>
<b>PUESTA TIERRA</b>		<b>5</b>	<b>33</b>	<b>38</b>
<b>RECONECTADORES</b>		<b>1</b>		<b>1</b>
<b>REPUESTO DE VEHÍCULO</b>	<b>3</b>	<b>32</b>	<b>94</b>	<b>129</b>
<b>ROPA Y EPP</b>	<b>10</b>	<b>21</b>	<b>161</b>	<b>192</b>
<b>SOPORTES</b>		<b>1</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
<b>TABIQUES</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>22</b>
<b>TAPAS Y CÁMARAS</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>25</b>	<b>31</b>
<b>TERMINALES Y AISLACIONES</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>97</b>	<b>111</b>
<b>TRANSFORMADORES</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>18</b>
<b>TUBERÍA HIDRÁULICA</b>		<b>9</b>	<b>35</b>	<b>44</b>
<b>UTILES OFICINA</b>	<b>7</b>	<b>18</b>	<b>88</b>	<b>113</b>
<b>GABINETES</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>18</b>
<b>EMPALME</b>	<b>1</b>		<b>1</b>	<b>2</b>
<b>CONDENSADOR</b>			<b>1</b>	<b>1</b>
<b>CAJAS EMPALME</b>			<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Total general</b>	<b>91</b>	<b>377</b>	<b>1801</b>	<b>2269</b>

**Anexo 11 "Consumo Anual de Inventario por Familia de SKU"**

<b>FAMILIAS</b>	<b>Valor Anual</b>	<b>%</b>
TRANSFORMADORES	\$ 327,418,388	22.51%
CONDUCTORES	\$ 299,568,648	20.59%
LUMINARIAS	\$ 298,685,538	20.53%
GENERADORES	\$ 80,125,408	5.51%
ECM	\$ 77,350,827	5.32%
ARIDOS Y OCCC	\$ 38,927,900	2.68%
CANALIZACIONES ELÉCTRICAS	\$ 37,996,212	2.61%
PUESTA TIERRA	\$ 31,105,176	2.14%
TAPAS Y CÁMARAS	\$ 28,458,165	1.96%
PROTECCIONES ELÉCTRICAS	\$ 23,920,399	1.64%
ROPA Y EPP	\$ 22,978,952	1.58%
ESTRUCTURAS METÁLICAS	\$ 20,535,160	1.41%
RECONECTADORES	\$ 19,500,000	1.34%
POSTES AP	\$ 15,918,521	1.09%
HERRAMIENTAS	\$ 14,045,873	0.97%
UTILES OFICINA	\$ 13,208,919	0.91%
TERMINALES Y AISLACIONES	\$ 10,931,106	0.75%
CAJAS	\$ 10,063,788	0.69%
OTROS	\$ 10,061,014	0.69%
FERRETERÍA ELECTRICA	\$ 9,440,854	0.65%
REPUESTO DE VEHÍCULO	\$ 8,688,984	0.60%
GANCHOS AP	\$ 7,883,486	0.54%
POSTES DISTRIBUCIÓN	\$ 6,724,736	0.46%

EQUIPOS COMPUTACIÓN	\$ 6,374,451	0.44%
CONECTORES ELECTRICOS	\$ 5,016,236	0.34%
AIRE ACONDICIONADO	\$ 3,819,178	0.26%
BARRAS ELECTRICAS	\$ 3,492,650	0.24%
CONSUMIBLES HERRAMIENTAS	\$ 3,093,380	0.21%
SOPORTES	\$ 2,484,073	0.17%
FUSIBLES	\$ 2,462,015	0.17%
TABIQUES	\$ 2,166,637	0.15%
PINTURAS	\$ 2,128,796	0.15%
ARTEFACTOS ELÉCTRICOS	\$ 2,067,125	0.14%
CAJA AP	\$ 2,024,850	0.14%
ACCESORIOS TABLEROS	\$ 1,973,335	0.14%
LIMPIEZA Y ASEO	\$ 1,807,250	0.12%
MEDIDORES	\$ 933,813	0.06%
FIJACIONES	\$ 776,610	0.05%
TUBERÍA HIDRÁULICA	\$ 346,218	0.02%
CAJAS DISTRIBUCIÓN	\$ 319,038	0.02%

**Anexo 12 "Tabla de Errores Medios. Pronóstico de demanda"**

<b>Código</b>	<b>Tipo de Control</b>	<b>MAD Suavizado Exponencial (<math>\alpha=0.3</math>)</b>	<b>MAD Suavizado Exponencial (<math>\alpha=0.5</math>)</b>	<b>MAD Media Móvil Simple(n=6)</b>	<b>MAD Media Móvil Simple(n=3)</b>
H001000000CO28	Pedido Bajo Orden	22.41	20.18	11.97	23.48
H001000000CO36	Pedido Bajo Orden	606.58	644.92	300.83	449.52
H001000000CO41	Pedido Bajo Orden	60.39	63.67	64.17	85.56
H001000000CO42	Pedido Bajo Orden	281.88	218.93	106.33	141.78
H001000000CO46	Sistema P	359.91	363.17	500.28	437.41
H001000000CO47	Sistema P	244.32	194.67	165.28	188.89
H001000000CO78	Pedido Bajo Orden	126.25	142.58	130.19	148.44
H001000000CO110	Sistema P	37.50	36.44	35.14	42.44
H001000000CO196	Pedido Bajo Orden	179.10	181.35	148.56	235.22
H001000000CO241	Pedido Bajo Orden	384.88	414.32	489.67	622.89
H001000000CO242	Pedido Bajo Orden	314.38	340.54	288.56	467.52
H001000000CO862	Pedido Bajo Orden	104.02	111.17	196.00	163.56
H001000000CO864	Pedido Bajo Orden	232.35	248.08	458.56	300.52
H001000000CO866	Pedido Bajo Orden	71.37	69.18	144.64	87.74
H001100000CA217	Pedido Bajo Orden	314.33	277.89	284.28	393.44
H001100000CO241	Pedido Bajo Orden	281.77	310.03	514.92	429.56
J001000000IL57	Sistema P	126.44	137.03	204.47	143.93
J001000000IL139	Sistema P	13.79	15.57	17.36	16.78
J001000000JN881	Sistema P	0.87	0.90	1.25	0.89
M001000000PF251	Sistema P	252.10	272.64	338.33	332.59
M001000000PF284	Sistema P	13.09	12.59	8.58	9.33
M001000000PF285	Pedido Bajo Orden	18.04	17.74	24.33	22.19
M001000000PF403	Sistema P	134.30	146.73	158.56	155.63
M001000000PFD111	Sistema Q	3.70	4.03	3.69	3.96

<b>N001000000MC57</b>	<b>Sistema P</b>	<b>15.64</b>	<b>17.21</b>	<b>10.61</b>	<b>12.67</b>
<b>N001000000MC64</b>	<b>Sistema P</b>	<b>75.19</b>	<b>82.85</b>	<b>77.64</b>	<b>89.00</b>
<b>N001000000MC168</b>	<b>Sistema P</b>	<b>436.49</b>	<b>473.84</b>	<b>576.39</b>	<b>610.37</b>
<b>N001000000MC286</b>	<b>Sistema P</b>	<b>7.12</b>	<b>8.22</b>	<b>5.36</b>	<b>8.52</b>
<b>N001000000MC674</b>	<b>Sistema Q</b>	<b>68.22</b>	<b>61.47</b>	<b>89.78</b>	<b>91.93</b>
<b>Q0010000000001</b>	<b>Sistema Q</b>	<b>16.19</b>	<b>17.23</b>	<b>14.89</b>	<b>17.11</b>
<b>Q0010000000003</b>	<b>Sistema Q</b>	<b>8.45</b>	<b>8.91</b>	<b>8.44</b>	<b>9.85</b>
<b>Q001000000ES146</b>	<b>Sistema Q</b>	<b>0.71</b>	<b>0.67</b>	<b>0.86</b>	<b>0.63</b>
<b>T001000000AO02</b>	<b>Sistema P</b>	<b>6.34</b>	<b>7.09</b>	<b>5.22</b>	<b>6.41</b>
<b>T001000000AO24</b>	<b>Sistema P</b>	<b>26.24</b>	<b>27.95</b>	<b>23.97</b>	<b>28.89</b>



**Anexo 13 "Cálculo de Ahorro Plan Piloto"**

Código	Sistema Control de Inventario	Valor Unitario	Cantidad OC 2020	Cantidad OC 2010	Ahorro de OC	Precio Unitario 2020	% Ahorro	Estimado Ahorro Valor
H001000000CO28	Pedido Bajo Orden	\$ 15,388	4	4	\$ -	\$ 14,604	5%	\$ 175,560
H001000000CO36	Pedido Bajo Orden	\$ 3,028	3	3	\$ -	\$ 3,027	0%	\$ 4,195
H001000000CO41	Pedido Bajo Orden	\$ 12,969	1	1	\$ -	\$ 10,968	15%	\$ 770,370
H001000000CO42	Pedido Bajo Orden	\$ 14,980	3	3	\$ -	\$ 13,104	13%	\$ 2,575,777
H001000000CO46	Sistema P	\$ 679	4	19	\$ -	\$ 600	12%	\$ 461,699
H001000000CO47	Sistema P	\$ 963	3	6	\$ -	\$ 1,080	-12%	\$ -270,093
H001000000CO78	Pedido Bajo Orden	\$ 5,718	7	7	\$ -	\$ 4,230	26%	\$ 1,938,871
H001000000CO110	Sistema P	\$ 2,161	3	16	\$ -	\$ 2,080	4%	\$ 46,216
H001000000CO196	Pedido Bajo Orden	\$ 6,712	2	2	\$ -	\$ 6,712	0%	\$ 225
H001000000CO241	Pedido Bajo Orden	\$ 5,613	2	2	\$ -	\$ 5,613	0%	\$ 911
H001000000CO242	Pedido Bajo Orden	\$ 10,108	2	2	\$ -	\$ 10,108	0%	\$ -202
H001000000CO862	Pedido Bajo Orden	\$ 6,930	4	4	\$ -	\$ 7,104	-3%	\$ -208,800
H001000000CO864	Pedido Bajo Orden	\$ 9,210	5	5	\$ -	\$ 9,161	1%	\$ 141,080
H001000000CO866	Pedido Bajo Orden	\$ 14,076	3	3	\$ -	\$ 13,097	7%	\$ 926,473
H001100000CA217	Pedido Bajo Orden	\$ 13,227	4	4	\$ -	\$ 12,226	8%	\$ 2,460,231
H001100000CO241	Pedido Bajo Orden	\$ 14,100	1	1	\$ -	\$ 13,100	7%	\$ 2,313,000
J001000000IL57	Sistema P	\$ 3,200	5	15	\$ -	\$ 2,100	34%	\$ 2,321,000
J001000000IL139	Sistema P	\$ 7,230	2	7	\$ -	\$ 7,125	1%	\$ 14,110
J001000000JN881	Sistema P	\$ 1,732,347	9	11	\$ -	\$ 1,612,800	7%	\$ 1,434,558
M001000000PF251	Sistema P	\$ 365	3	15	\$ -	\$ 290	21%	\$ 313,920
M001000000PF284	Sistema P	\$ 15,548	3	3	\$ -	\$ 13,250	15%	\$ 213,739
M001000000PF285	Pedido Bajo Orden	\$ 23,561	5	5	\$ -	\$ 18,700	21%	\$ 1,079,139
M001000000PF403	Sistema P	\$ 1,239	4	14	\$ 72,812	\$ 1,150	7%	\$ 174,176
M001000000PFD111	Sistema Q	\$ 1,151	1	16	\$ 109,218	\$ 690	40%	\$ 57,654
N001000000MC57	Sistema P	\$ 17,297	5	95	\$ 655,306	\$ 10,924	37%	\$ 1,975,667
N001000000MC64	Sistema P	\$ 1,066	3	39	\$ 262,122	\$ 975	9%	\$ 97,166
N001000000MC168	Sistema P	\$ 233	3	14	\$ 80,093	\$ 220	6%	\$ 111,200
N001000000MC286	Sistema P	\$ 15,233	3	42	\$ 283,966	\$ 15,126	1%	\$ 11,583
N001000000MC674	Sistema Q	\$ 2,519	5	45	\$ 291,247	\$ 2,394	5%	\$ 315,477
Q00100000000001	Sistema Q	\$ 1,010	2	15	\$ 94,655	\$ 1,010	0%	\$ 132
Q00100000000003	Sistema Q	\$ 538	1	15	\$ 101,936	\$ 510	5%	\$ 7,551
Q001000000ES146	Sistema Q	\$ 10,652	1	17	\$ 116,499	\$ 10,650	0%	\$ 36
T001000000AO02	Sistema P	\$ 22,634	3	14	\$ 80,093	\$ 5,640	75%	\$ 1,767,385
T001000000AO24	Sistema P	\$ 2,597	3	14	\$ 80,093	\$ 2,049	21%	\$ 259,153
					<b>\$ 2,228,040</b>			<b>\$ 21,489,159</b>

## Anexo 14 “Notebook: Análisis y preparación de los datos”

Se utilizan los Informes de ERP "DEFONTANA" según Inventario/Informes/Mayor Auxiliar/Período[año]:Nivel de Presentación[detallado]

In [33]: `#import necessary modules  
import pandas as pd`

```
urltest18 = "C:/Users/Jefe Operaciones/Documents/MBE Phyton Analisis/test18.csv"
urltest19 = "C:/Users/Jefe Operaciones/Documents/MBE Phyton Analisis/test19.csv"

test18 = pd.read_csv(urltest18, sep=',', encoding='ISO-8859-1', error_bad_lines=False, low_memory=False)
test19 = pd.read_csv(urltest19, sep=',', encoding='ISO-8859-1', error_bad_lines=False, low_memory=False)

#Insertar fechas en cada salva para llevar registros
import time
date_hoy=time.strftime("%d-%m-%y")
```

In [34]: `print(test19.dtypes)`

```
Código          object
Descripción     object
Fecha           object
Documento       object
Número         object
Bodega         object
Entrada        float64
Salida         float64
Saldo          float64
Valor Unitario  float64
Entrada.1      float64
Salida.1       float64
Saldo.1        float64
Costo Unitario  float64
dtype: object
```

In [35]: `print(test19.size)  
print(test18.size)`

```
277732
292194
```

In [36]: `test19.head(5)`

Out[36]:

	Código	Descripción	Fecha	Documento	Número	Bodega	Entrada	Salida	Saldo	Valor Unitario	Entrada.1	Salida.1	Saldo.1	Costo Unitario
0	A001000000GA01	Gabinete Metálico 300x200x160 mm	25/01/2018	Saldo Anterior	NaN	NaN	NaN	NaN	0.0	NaN	NaN	NaN	0.0	26189.00
1	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	30/10/2018	Saldo Anterior	NaN	NaN	NaN	NaN	2.0	NaN	NaN	NaN	56031.0	28015.75
2	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	19/03/2019	GUIA DE SALIDA	915	BODEGA CENTRAL AINEL	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	28016.0	28015.0	28015.75
3	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	04/04/2019	GUIA DE SALIDA	1100	BODEGA CENTRAL AINEL	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	28016.0	-1.0	28015.75
4	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	30/04/2019	PARTE DE ENTRADA	863	BODEGA CENTRAL AINEL	1.0	0.0	1.0	21469.0	21469.0	0.0	21468.0	21469.00

```
In [37]: test19.index
```

```
Out[37]: RangeIndex(start=0, stop=19838, step=1)
```

```
In [39]: #Reemplazo Los valores NaN a 0
test19.fillna(0, inplace=True)
test18.fillna(0, inplace=True)

#Parsear Las fechas
test19['Fecha']=pd.to_datetime(test19['Fecha'], errors='coerce',dayfirst=True)
test18['Fecha']=pd.to_datetime(test18['Fecha'], errors='coerce',dayfirst=True)
```

```
In [40]: test19.head(5)
```

```
Out[40]:
```

	Código	Descripción	Fecha	Documento	Número	Bodega	Entrada	Salida	Saldo	Valor Unitario	Entrada.1	Salida.1	Saldo.1	Costo Unitario
0	A001000000GA01	Gabinete Metálico 300x200x160 mm	2018-01-25	Saldo Anterior	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26189.00
1	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	2018-10-30	Saldo Anterior	0	0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	56031.0	28015.75
2	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	2019-03-19	GUIA DE SALIDA	915	BODEGA CENTRAL AINEL	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	28016.0	28015.0	28015.75
3	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	2019-04-04	GUIA DE SALIDA	1100	BODEGA CENTRAL AINEL	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	28016.0	-1.0	28015.75
4	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	2019-04-30	PARTE DE ENTRADA	863	BODEGA CENTRAL AINEL	1.0	0.0	1.0	21469.0	21469.0	0.0	21468.0	21469.00

```
In [42]: print(test19.dtypes)
```

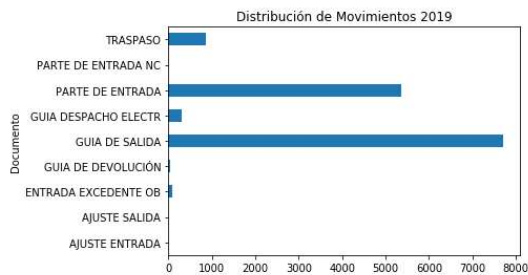
```
Código          object
Descripción     object
Fecha           datetime64[ns]
Documento       object
Número         object
Bodega         object
Entrada        float64
Salida        float64
Saldo         float64
Valor Unitario float64
Entrada.1      float64
Salida.1      float64
Saldo.1       float64
Costo Unitario float64
dtype: object
```

```
In [50]: #Elimino errores de extracción de datos en años que no corresponden al análisis
test19=test19.loc[test19['Fecha'].dt.year == 2019]
test18=test18.loc[test18['Fecha'].dt.year == 2018]
test19.head()
```

```
Out[50]:
```

	Código	Descripción	Fecha	Documento	Número	Bodega	Entrada	Salida	Saldo	Valor Unitario	Entrada.1	Salida.1	Saldo.1	Costo Unitario
2	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	2019-03-19	GUIA DE SALIDA	915	BODEGA CENTRAL AINEL	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	28016.0	28015.0	28015.750
3	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	2019-04-04	GUIA DE SALIDA	1100	BODEGA CENTRAL AINEL	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	28016.0	-1.0	28015.750
4	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	2019-04-30	PARTE DE ENTRADA	863	BODEGA CENTRAL AINEL	1.0	0.0	1.0	21469.0	21469.0	0.0	21468.0	21469.000
5	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	2019-05-02	GUIA DE SALIDA	1271 - 3664	BODEGA CENTRAL AINEL	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	21469.0	-1.0	21469.000
7	A001000000GA03	Gabinete Metálico 500x400x200 mm	2019-01-16	PARTE DE ENTRADA	126	BODEGA CENTRAL AINEL	2.0	0.0	4.0	45840.0	91680.0	0.0	250907.0	62726.875

```
In [51]: import matplotlib.pyplot as plt
test19.groupby('Documento').size().plot(kind='barh')
plt.title('Distribución de Movimientos 2019')
plt.axis()
plt.show()
```



```
In [53]: #Elimino Movimientos considerados traspasos ya que son Movimientos de Inventario que no son efectivos
# TRASPASO-AJUSTE DE SALIDA-AJUSTE DE ENTRADA
test19=test19.loc[(test19['Documento'] != 'TRASPASO') & (test19['Documento'] != 'AJUSTE SALIDA') & (test19['Documento'] != 'AJUSTE ENTRADA')]
test18=test18.loc[(test18['Documento'] != 'TRASPASO') & (test18['Documento'] != 'AJUSTE SALIDA') & (test18['Documento'] != 'AJUSTE ENTRADA')]
```

```
In [54]: #Elimino Bodegas con falsos Movimientos arrastrados de años anteriores:
#Solamente Los movimientos válidos son de Las siguientes Bodegas:
# BODEGA CENTRAL AINEL
# BODEGA ALUMBRADO PUBLICO
# BODEGA DESPACHO ELECTRONICO

test19=test19.loc[(test19['Bodega'] == 'BODEGA CENTRAL AINEL') | (test19['Bodega'] == 'BODEGA ALUMBRADO PUBLICO') | (test19['Bodega'] == 'BODEGA DESPACHO ELECTRONICO')]
test18=test18.loc[(test18['Bodega'] == 'BODEGA CENTRAL AINEL') | (test18['Bodega'] == 'BODEGA ALUMBRADO PUBLICO') | (test18['Bodega'] == 'BODEGA DESPACHO ELECTRONICO')]
```

```
In [55]: #Elimino movimiento de grúa Horquilla y DIESEL
test19=test19.loc[(test19['Código'] != 'S001DIESEL0000') & (test19['Código'] != 'S001 HORQUILLA')]
```

```
In [56]: #Identifico cuantas filas efectivas de movimientos existen por año
print(test19.shape)
print(test18.shape)

(13358, 14)
(14642, 14)
```

```
In [56]: #Identifico cuantas filas efectivas de movimientos existen por año
print(test19.shape)
print(test18.shape)

(13358, 14)
(14642, 14)
```

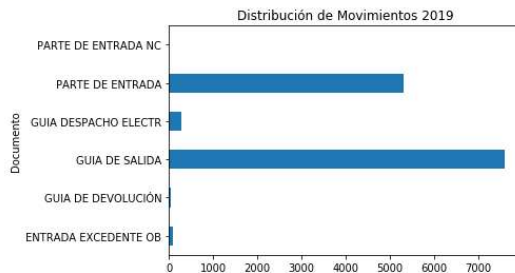
```
In [57]: #para imprimir outliers de inventario basado en Dataframe de inventarios
def outliers_inventory(df, year):
    temp=df
    saldo_neg=temp[(temp['Saldo.1'] < 0) | (temp['Saldo'] < 0)].size
    print('Movimientos con Saldos Negativos año',year,':',saldo_neg)
    print('Total de Movimientos año',year,':',temp.shape[0])
    print('% de Movimientos con errores año',year,':',(saldo_neg/temp.size)*100,'%')
```

```
In [58]: print(outliers_inventory(test19,2019))
print(outliers_inventory(test18,2018))

Movimientos con Saldos Negativos año 2019 : 7504
Total de Movimientos año 2019 : 13358
% de Movimientos con errores año 2019 : 4.012576733043869 %
None
Movimientos con Saldos Negativos año 2018 : 3612
Total de Movimientos año 2018 : 14642
% de Movimientos con errores año 2018 : 1.7620543641579018 %
None
```

```
In [60]: #Transformo Los elementos Negativos a cero. Validada con negocio por arrastre 2017
test19['Saldo.1'][test19['Saldo'] < 0] = 0
test19['Saldo.1'][test19['Saldo.1'] < 0] = 0
```

```
In [59]: import matplotlib.pyplot as plt
test19.groupby('Documento').size().plot(kind='barh')
plt.title('Distribución de Movimientos 2019')
plt.axis()
plt.show()
```



## Preparación de la Data Para Estimación de Demanda

```
In [20]: #Parseando Los datos para entrada de La etapa Analysis y Modeling

test18.rename(columns={'Saldo.1':'Saldo_Valor','Entrada.1':'Entrada_Valor','Salida.1':'Salida_Valor'},inplace=True)
test19.rename(columns={'Saldo.1':'Saldo_Valor','Entrada.1':'Entrada_Valor','Salida.1':'Salida_Valor'},inplace=True)
test19['mes']=test19['Fecha'].dt.month
test19['anno']=test19['Fecha'].dt.year
test18['mes']=test18['Fecha'].dt.month
test18['anno']=test18['Fecha'].dt.year
```

## Preparación de la Data Para Estimación de Demanda

```
In [20]: #Parseando Los datos para entrada de La etapa Analysis y Modeling

test18.rename(columns={'Saldo.1':'Saldo_Valor','Entrada.1':'Entrada_Valor','Salida.1':'Salida_Valor'},inplace=True)
test19.rename(columns={'Saldo.1':'Saldo_Valor','Entrada.1':'Entrada_Valor','Salida.1':'Salida_Valor'},inplace=True)
test19['mes']=test19['Fecha'].dt.month
test19['anno']=test19['Fecha'].dt.year
test18['mes']=test18['Fecha'].dt.month
test18['anno']=test18['Fecha'].dt.year
```

```
In [22]: #Esta función permite establecer un set de datos con La demanda de salida por cada Código desde una fecha en específico
# date1-date2 for interval of time for demand
#freq es agregación demanda a futuro si no es mensual
```

```
def prepare_demanda_ainel(df,date1,date2,freq):
import pandas as pd
columns=df.columns
d=pd.DataFrame(columns=columns)
temp_ent=df[df['Entrada']>=0]
temp=pd.DataFrame(columns=columns)
list1=pd.unique(df['Código']).tolist()
#Extraigo lista de SKU para llenar filas adicionales
for palabra in list1:
subsetDataFrame = df[(df['Código'] == palabra) & ((df['Fecha'] >= date1))].copy()
subsetDataFrame.reset_index()
z=pd.DataFrame(columns=columns)
z['Fecha']=pd.date_range(start=date1, end=date2, freq=freq)
z['Código']=palabra
z['mes']=z['Fecha'].dt.month
z['anno']=z['Fecha'].dt.year
z['Salida']=0
z['Entrada']=0
z['Entrada_Valor']=0
z['Salida_Valor']=0
#z['Descripción']=palabra
z['Documento']='ADICIONAL'
z['Bodega']='BODEGA CENTRAL AINEL'
d=subsetDataFrame.append(z)
#d.sort_values(by='Fecha',ascending=False)
temp=temp.append(d)
temp.fillna(0, inplace=True)
return temp
```

```
In [23]: dem_temp=prepare_demanda_ainel(test19,'2019-01-01','2019-12-31','M')
```

```
In [27]: demanda=dem_temp.groupby(['Código','mes','anno'])['Salida'].sum().reset_index()
```

```
In [29]: demanda.to_csv('C:/Users/Jefe Operaciones/Documents/MBE Python Analisis/Demanda_'+date_hoy+'.csv', sep='\t',decimal=',',float_format='%.4f',encoding='ISO-8859-1')
```

## Anexo 15 "Notebook: Análisis Multicriterio"

### Analisis Multicriterio ABC-XYZ AINEL LTDA



Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C., & Bergmann, J. (2012). Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: Practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(4), 445-451. <https://doi.org/10.1108/17410401211212689>

```
In [1]: #import necessary modules
import pandas as pd

#store the url in a variable
#url = ""
url17 = "C:/Users/Jefe Operaciones/Documents/MBE Phyton Analisis/AINEL_MayorAuxiliar_2017.csv"
url18 = "C:/Users/Jefe Operaciones/Documents/MBE Phyton Analisis/AINEL_MayorAuxiliar_2018.csv"
url19 = "C:/Users/Jefe Operaciones/Documents/MBE Phyton Analisis/AINEL_MayorAuxiliar_2019.csv"

import time
date_hoy=time.strftime("%d-%m-%y")

url_dem='C:/Users/Jefe Operaciones/Documents/MBE Phyton Analisis/Demanda_'+date_hoy+'.csv'

In [2]: # Read in the data with `read_csv()`

inventory18 = pd.read_csv(url18, sep= '\t', encoding='ISO-8859-1', error_bad_lines=False, low_memory=False)
inventory19 = pd.read_csv(url19, sep= '\t', encoding='ISO-8859-1', error_bad_lines=False, low_memory=False)

In [3]: inventory19.sort_values(by='Fecha', ascending=False);

In [7]: inventoryABC=inventory_total.groupby(['Descripción', 'Código', 'mes', 'anno'])['Salida_Valor'].sum().reset_index()
inventoryABC.size

Out[7]: 81900

In [8]: p=inventoryABC.sort_values(by='Salida_Valor', ascending=False).copy()

In [18]: inventoryABC_17=inventory17[inventory17['Salida']>0].groupby(['Código', 'Descripción'])['Salida_Valor'].sum().reset_index()
inventoryABC_18=inventory18[inventory18['Salida']>0].groupby(['Código', 'Descripción'])['Salida_Valor'].sum().reset_index()
inventoryABC_19=inventory19[inventory19['Salida']>0].groupby(['Código', 'Descripción'])['Salida_Valor'].sum().reset_index()
inventoryABC=inventory_total[inventory_total['Salida']>0].groupby(['Código', 'Descripción'])['Salida_Valor'].sum().reset_index()

In [11]: p17=inventoryABC_17.sort_values(by='Salida_Valor', ascending=False).copy()
p18=inventoryABC_18.sort_values(by='Salida_Valor', ascending=False).copy()
p19=inventoryABC_19.sort_values(by='Salida_Valor', ascending=False).copy()
ptotal=inventoryABC.sort_values(by='Salida_Valor', ascending=False).copy()

In [12]: a=inventory19['Salida_Valor'].sum()
print(a)

1454839795.0

In [13]: #Función de Pareto para Análisis ABC
#Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C., & Bergmann, J. (2012).
#Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: Practical investigation at an industrial company.
#International Journal of Productivity and Performance Management, 61(4), 445-451. https://doi.org/10.1108/17410401211212689

#Se debe pasar por parámetro el dataframe de inventario que se quiere analizar
#Se debe pasar fecha mínima donde comenzar el análisis (Ejemplo: si análisis desde marzo 2019 fecha= 31-01-2019)

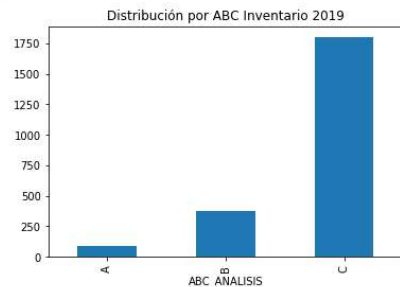
def create_pareto_classification(df, fecha):

    df=df[df['Fecha']>fecha]
    df=df[df['Salida']>0].groupby(['Código', 'Descripción'])['Salida_Valor'].sum().reset_index()
    df=df.sort_values(by='Salida_Valor', ascending=False).copy()
    var_sku=df['Salida_Valor']
    df['cumpercentage'] = var_sku.cumsum()/var_sku.sum() #Cálculo el acumulado anual
    #Clasificación ABC
    df.loc[df.cumpercentage <= 0.8, "ABC_ANALISIS"] = 'A'
    df.loc[(df.cumpercentage > 0.8) & (df.cumpercentage<=0.95), "ABC_ANALISIS"] = 'B'
    df.loc[df.cumpercentage > 0.95, "ABC_ANALISIS"] = 'C'
    return df
```

```
In [15]: inventoryABC_19.index
```

```
Out[15]: RangeIndex(start=0, stop=2269, step=1)
```

```
In [20]: p19.groupby('ABC_ANALISIS').size().plot(kind='bar')
plt.title('Distribución por ABC Inventario 2019')
plt.axis()
plt.show()
```



```
In [21]: t=inventory_total[inventory_total['Salida']>0].groupby(['mes','anno'])
t.head()
```

```
Out[21]:
```

Unnamed: 0	Código	Descripción	Fecha	Documento	Número	Bodega	Entrada	Salida	Saldo	Valor Unitario	Entrada_Val	Salida_Val	
1	3	A001000000GA02	Gabinete Metálico 400x300x200 mm	2017-04-15	GUIA DESPACHO ELECTR	1016	BODEGA CENTRAL AINEL	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	31597
3	7	A001000000GA04	Gabinete Metálico 600x400x230 mm	2017-05-01	GUIA DE SALIDA	847	BODEGA CENTRAL AINEL	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	49867
6	10	A001000000GA04	Gabinete Metálico 600x400x230 mm	2017-08-02	GUIA DE DEVOLUCIÓN	27	BODEGA CENTRAL AINEL	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	40695
7	11	A001000000GA04	Gabinete Metálico 600x400x230 mm	2017-08-03	GUIA DE SALIDA	849	BODEGA CENTRAL AINEL	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	40695
10	18	A001000000GA08	Gabinete Metálico 1000x800x300 mm	2017-08-11	GUIA DE SALIDA	722	BODEGA CENTRAL AINEL	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	129057

180 rows x 17 columns

```
In [22]: #Movimientos de Inventario Agrupados por mes en 3 años con salidas mayores que cero
#inventory_total[inventory_total['Salida']>0].groupby(['mes','anno']).size().plot(kind='bar')
#plt.title('Movimientos de Inventario x mes Triannual')
#plt.axis()
#plt.show()

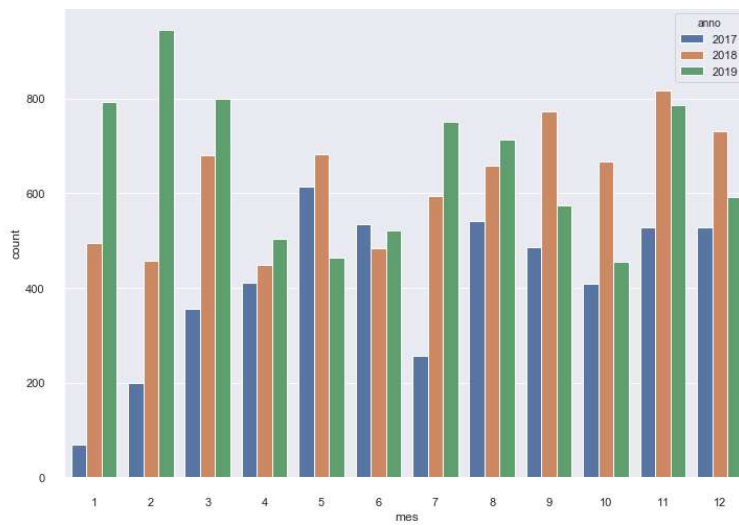
# import the seaborn module
import seaborn as sns

# set the background colour of the plot to white
sns.set(style="whitegrid", color_codes=True)

# setting the plot size for all plots
sns.set(rc={'figure.figsize':(11.7,8.27)})

# create a countplot
sns.countplot(x='mes', data=inventory_total[inventory_total['Salida']>0],
             hue = 'anno')

# Remove the top and down margin
sns.despine(offset=10, trim=True)
```



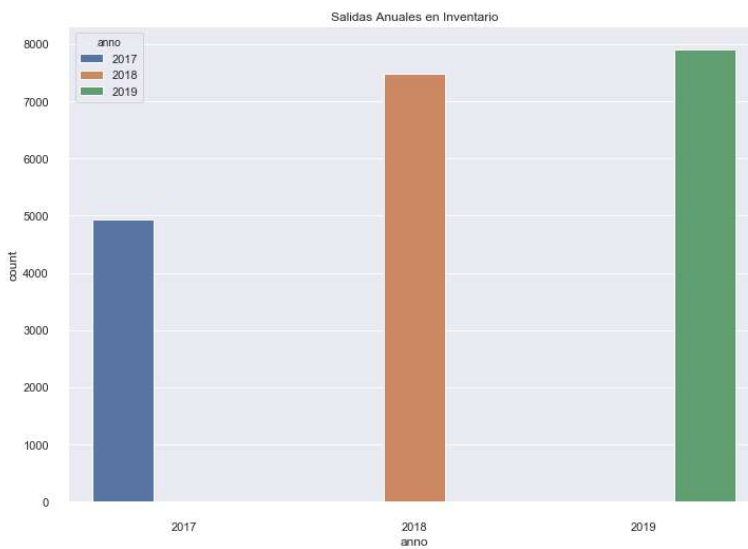
```
In [23]: #Movimientos de Inventario Agrupados por mes en 3 años con salidas mayores que cero
#inventory_total[inventory_total['Salida']>0].groupby('anno').size().plot(kind='bar')
plt.title('Movimientos de Inventario x mes Trianual')
plt.axis()
plt.show()

# set the background colour of the plot to white
sns.set(style="whitegrid", color_codes=True)

# setting the plot size for all plots
sns.set(rc={'figure.figsize':(11.7,8.27)})

# create a countplot
sns.countplot(x='anno', data=inventory_total[inventory_total['Salida']>0],
             hue = 'anno').set_title('Salidas Anuales en Inventario')
# setting titles and Labels

# Remove the top and down margin
sns.despine(offset=10, trim=True)
```



```
In [24]: #Movimientos de Inventario Agrupados por mes en 2019 con salidas mayores que cero
inventory19[inventory19['Salida']>0].groupby('mes').size().plot(kind='bar')
plt.title('Movimientos de Inventario x mes 2019')
plt.axis()
plt.show()
```



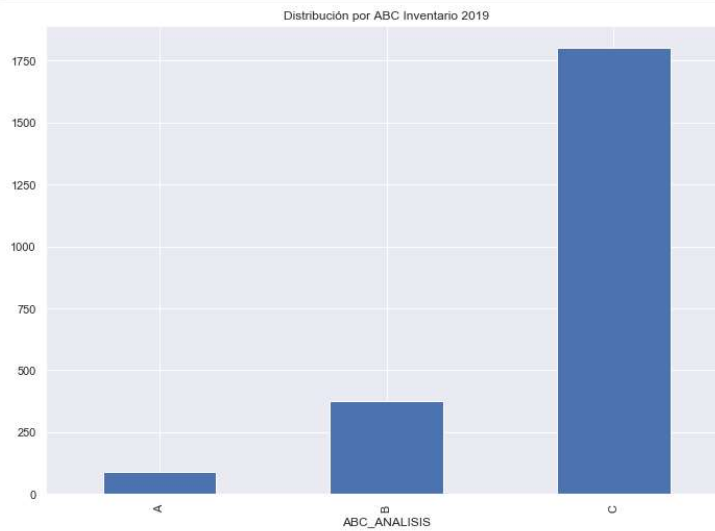
```
In [31]: ptotal.head(3)
```

```
Out[31]:
```

	Código	Descripción	Salida_valor
859	J001000000IL92	Lum Teceo Led 107W	246682181.0
968	L001000000IN45	Grupo Electrogeno 750 KVA Prime	166300140.0
969	L001000000IN47	Transformador Pad Mounted 600 KVA 12kv	105466535.0

```
In [32]: p19.groupby('ABC_ANALISIS')['Salida_valor'].sum().plot(kind='bar')
plt.title('Valor de Inventario x Clasificación 2019')
plt.axis()
plt.show()
```

```
In [33]: p19.groupby('ABC_ANALISIS').size().plot(kind='bar')
plt.title('Distribución por ABC Inventario 2019')
plt.axis()
plt.show()
```



```
In [34]: p17.to_csv('D:/12_MAESTRIA/2do Semestre 2019/IN79J Proyecto de Tesis/00_Tesis/04_Analisis ABC-XYZ/p17_'+date_hoy+'.csv', sep
='\\t',encoding='ISO-8859-1')
p18.to_csv('D:/12_MAESTRIA/2do Semestre 2019/IN79J Proyecto de Tesis/00_Tesis/04_Analisis ABC-XYZ/p18_'+date_hoy+'.csv', sep
='\\t',encoding='ISO-8859-1')
p19.to_csv('D:/12_MAESTRIA/2do Semestre 2019/IN79J Proyecto de Tesis/00_Tesis/04_Analisis ABC-XYZ/p19_'+date_hoy+'.csv', sep
='\\t',encoding='ISO-8859-1')
```

```
In [36]: p19.shape
```

```
Out[36]: (2269, 5)
```

```
In [37]: inventory19[inventory19['Salida']>0].groupby('mes').size().plot(kind='bar')
plt.title('Valor de Inventario x Clasificación 2019')
plt.axis()
plt.show()
```

```

In [38]: #Análisis XYZ según Las salidas de SKU por cada mes
#Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C., & Bergmann, J. (2012). Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis:
#Practical investigation at an industrial company. International Journal of Productivity and Performance Management
#Stojanović, M., & Regodić, D. (2017). The Significance of the Integrated Multicriteria ABC-XYZ Method for the Inventory
#Management Process. Acta Polytechnica Hungarica, 14(5), 20.

#Parámetros d entrada:
#el dataframe formato ERP AINEL, variable a analizar (Nombre Variable), períodos de análisis (entero),
#demanda (dataframe incluyendo meses son salidas): Ejemplo
# Código mes año Salida
#A001000000GA02 1 2019 0.0
#A001000000GA02 2 2019 0.0
#A001000000GA02 3 2019 1.0
#A001000000GA02 4 2019 1.0

def create_XYZ_clasification(df,var_sku,periodo,demanda):
    import pandas as pd
    import statistics
    temp=df[df[var_sku]>=0].groupby('Código')[var_sku].sum().reset_index()
    p=temp.sort_values(by=var_sku,ascending=False)
    #Cálculo media simple
    p["mean"] = p[var_sku]/periodo
    p["std_dev"]=0
    list=pd.unique(p['Código']).tolist()
    #Extraer Lista de SKU para calcular Desviación Estándar teniendo en cuenta la cantidad de períodos
    for palabra in list:
        dem_tmp=demanda[demanda['Código']==palabra]
        dev=statistics.pstdev(dem_tmp['Salida'],tail(periodo))
        p.loc[p['Código']==palabra, 'std_dev']=dev
    #Calculo el coeficiente variación
    p["cv"]=p['std_dev']/p['mean']
    #Clasifico XYZ
    p.loc[p.cv < 0.5, "XYZ_ANALISIS"] = 'X'
    p.loc[(p.cv >= 0.5) & (p.cv<1), "XYZ_ANALISIS"] = 'Y'
    p.loc[p.cv >= 1, "XYZ_ANALISIS"] = 'Z'
    return p[p['cv']>0]

In [39]: demanda = pd.read_csv('C:/Users/Jefe Operaciones/Documents/MBE Python Analisis/Demanda_03-02-20.csv',sep= '\t',decimal=',',encoding=
'ISO-8859-1',error_bad_lines=False,low_memory=False)
p_temp19=create_XYZ_clasification(inventory19,'Salida',12,demanda)

In [45]: p_temp19[p_temp19['Salida']>0].groupby('XYZ_ANALISIS').size().plot(kind='bar')
plt.title("Valor de Inventario x Clasificación 2019")
plt.axis()
plt.show()

In [46]: p_temp19.to_csv('D:/12_MAESTRIA/2do Semestre 2019/IN79J Proyecto de Tesis/00_Tesis/04_Analisis ABC-XYZ/p19_XYZ_'+date_hoy+'.cs
v', sep='\t',encoding='ISO-8859-1')

In [ ]:

In [48]: result19 = pd.merge(p_temp19.reset_index(), p19.reset_index(), on=['Código'], how='inner').reset_index()

In [49]: result19.index
Out[49]: RangeIndex(start=0, stop=2269, step=1)

In [56]: result19[(result19['XYZ_ANALISIS']=='X') & (result19['ABC_ANALISIS']=='A')]
Out[56]:

```

index	index_x	Código	Salida	mean	std_dev	cv	XYZ_ANALISIS	index_y	Descripción	Salida_valor	cumpercentage	ABC_ANALISIS
12	12	1301 N001000000MC674	2514.0	209.5	76.024667	0.362886	X	1251	Cemento corriente transex saco 25 kg	6333993.0	0.67197	A

## Anexo 16. "Notebook: Pronóstico de Demanda"



Análisis de Pronóstico de Demanda en AINEL LTDA:

```
In [1]: import scipy as sp
import numpy as np
import matplotlib
import pandas as pd
import sklearn
import statsmodels
#comando para ver gráficos entre medio de Las Líneas
%matplotlib inline
#importamos gurobi
from gurobipy import *
from scipy.optimize import minimize
#from __future__ import division

In [2]: df=pd.read_csv('Demanda_03-02-20.csv',sep='\t',decimal=',',encoding='ISO-8859-1',error_bad_lines=False,low_memory=False)

In [3]: #Observamos el dataframe creado en la línea anterior
df.dtypes

Out[3]: Unnamed: 0      int64
Código      object
mes         int64
año         int64
Salida      float64
dtype: object

In [4]: #Muestra de Inventario escogido para el piloto
piloto=['H001000000C028','H001000000C036','H001000000C041','H001000000C042','H001000000C046','H001000000C047','H001000000C078',
'H001000000C0110','H001000000C0196','H001000000C0241','H001000000C0242','H001000000C0862','H001000000C0864','H001000000C0866',
'H001100000CA217','H001100000C0241','J001000000IL57','J001000000IL139','J001000000JN881','M001000000PF251','M001000000PF284',
'M001000000PF285','M001000000PF403','M001000000PFD111','N001000000MC57','N001000000MC64','N001000000MC168','N001000000MC286',
'H001000000MC674','Q0010000000001','Q0010000000003','Q001000000ES146','T001000000A002','T001000000A024']

In [5]: #Función para filtrado de elementos del inventario total permitiendo tener muestra del mismo.
def filter_pilot(df_dem,piloto):
    import pandas as pd
    columns=df_dem.columns
    d=pd.DataFrame(columns=columns)
    for content in piloto:
        #print(content)
        d=d.append(df_dem.loc[df_dem['Código']==content])
        #print(d.items)
        #d.reset_index()
        #d=d.append(d)
    return d

In [6]: inv_pilot=filter_pilot(df,piloto)

In [7]: inv_pilot['Salida'].sum()

Out[7]: 56226.0
```

## Definimos el método de media móvil simple

```
In [8]: # Creamos una función que recibe Los datos de una serie y el número de periodos a considerar por La media móvil y retorna el
# pronóstico dado por este método
def SMA(data,n):
    data_aux=np.array(list(data))
    data_len=len(data_aux)
    #print(data_len)
    sma_res=[]
    for i in range(0,data_len):
        if i<n:
            sma_res.append(np.nan)
        else:
            suma_aux=0
            for j in range(1,n+1):
                suma_aux+=data_aux[i-j]
            sma_res.append(suma_aux/n)
    return sma_res.copy()
```

## Definimos el método del suavizado exponencial

```
In [9]: # Definimos una función que recibe un parámetro alfa y un vector x con la data de la serie y retorna un vector
# con el pronóstico del suavizado exponencial
def ES(alpha, x):
    y = np.empty(len(x), float)
    y[0] = x[0]
    for i in range(1, len(x)):
        y[i] = x[i-1]*alpha + y[i-1]*(1-alpha)
    return y.copy()
# Definimos una función que recibe un parámetro alfa y un vector x con la data de la serie y retorna el MAD obtenido para
# el valor de alfa en cuestión. Sirve como métrica para poder optimizar la obtención del alfa
def MADes(alpha, x):
    diff = abs(ES(alpha, x) - x)
    return np.mean(diff)
```

```
In [13]: def error_abs(pronos,real):
    diff = abs(pronos - real)
    return diff
```

## Aquí comenzaremos la ejecución de los pronósticos

```
In [33]: #En esta Función se calculan Los pronósticos para un inventario, se calculan Los errores y se define el MAD de cada uno de Los
#pronósticos obtenidos
# Se ejecutan solamente 4 métodos de pronósticos

def calculate_pronos(inventory):
    columns=inventory.columns
    df_cal_total=pd.DataFrame(columns=columns)
    code=pd.unique(inventory['Código']).tolist()
    for palabra in code:
        dem_tmp=inventory[inventory['Código']==palabra]
        df_cod_tmp=dem_tmp.copy()
        #print(palabra)
        #MEDIA MOVIL SIMPLE
        #Creamos una variable para guardar la data a utilizar en la función sma
        data=dem_tmp['Salida']
        #Probamos la función para tres números de periodos (ventanas) diferentes
        #para n=3
        sma3=SMA(data,3)
        #para n=6
        sma6=SMA(data,6)

        # Agregamos Los pronósticos de Las 3 MMS a nuestro nuevo dataframe
        df_cod_tmp['sma3']=sma3
        df_cod_tmp['sma6']=sma6

        #SUAVIZADO EXPONENCIAL
        # Creamos un vector numpy con la data de la demanda
        x_es=np.array(list(data))
        #Obtenemos el pronóstico del suavizado exponencial al usar el alfa 0.5 y 0.3
        es5=ES(.5,x_es)
        es3=ES(.3,x_es)
        # Agregamos el pronóstico obtenido mediante suavizado exponencial al dataframe auxiliar
        df_cod_tmp['se5']=es5
        df_cod_tmp['se3']=es3
```

```

# Agregamos Los errores
df_cod_tmp['error_sm3']=error_abs(df_cod_tmp['sma3'],data)
df_cod_tmp['error_sm6']=error_abs(df_cod_tmp['sma6'],data)
df_cod_tmp['error_se5']=error_abs(df_cod_tmp['se5'],data)
df_cod_tmp['error_se3']=error_abs(df_cod_tmp['se3'],data)

df_cod_tmp['MAD_sm3']=np.mean(df_cod_tmp['error_sm3'])
df_cod_tmp['MAD_sm6']=np.mean(df_cod_tmp['error_sm6'])
df_cod_tmp['MAD_se5']=np.mean(df_cod_tmp['error_se5'])
df_cod_tmp['MAD_se3']=np.mean(df_cod_tmp['error_se3'])

mad=np.array([np.mean(df_cod_tmp['error_sm3']),np.mean(df_cod_tmp['error_sm6']),np.mean(df_cod_tmp['error_sm9']),np.mean(
(df_cod_tmp['error_se5']),np.mean(df_cod_tmp['error_se3']),np.mean(df_cod_tmp['error_regs'])]))
if mad.min()== mad[0]:
    df_cod_tmp['Best_fit']='SM3'
elif mad.min()== mad[1]:
    df_cod_tmp['Best_fit']='SM6'
elif mad.min()== mad[2]:
    df_cod_tmp['Best_fit']='SM9'
elif mad.min()== mad[3]:
    df_cod_tmp['Best_fit']='SE3'
elif mad.min()== mad[4]:
    df_cod_tmp['Best_fit']='SE5'
elif mad.min()== mad[5]:
    df_cod_tmp['Best_fit']='REGS'

#Combino el resultado en un mismo DATAFRAME
df_cal_total=df_cal_total.append(df_cod_tmp,sort=True,ignore_index=True)
#result19 = pd.merge(df_cal_total, df_cod_tmp.reset_index(), on=['Código'], how='inner').reset_index()
return df_cal_total

```

In [38]: pronostico=calculate\_pronos(df)

In [39]: pronostico.to\_csv('C:/Users/Jefe Operaciones/Documents/MBE Phyton Analisis/Pronostico2019.csv', sep='\t',decimal=',',float\_format='%.4f',encoding='ISO-8859-1')  
 pronostico.to\_csv('D:/12\_MAESTRIA/2do Semestre 2019/IN79J Proyecto de Tesis/00\_Tesis/04\_Analisis ABC-XYZ/PronosticoTotal2019.csv', sep='\t',decimal=',',float\_format='%.4f',encoding='ISO-8859-1')

In [40]: pronostico

Out[40]:

	Best_fit	Código	MAD_regs	MAD_se3	MAD_se5	MAD_sm3	MAD_sm6	MAD_sm9	Salida	Unnamed: 0	...	error_sm3	error_sm6	error_sm9
0	SE3	A001000000GA02	0.315851	0.349970	0.290527	0.333333	0.333333	0.333333	0.0	0	...	NaN	NaN	NaN
1	SE3	A001000000GA02	0.315851	0.349970	0.290527	0.333333	0.333333	0.333333	0.0	1	...	NaN	NaN	NaN
2	SE3	A001000000GA02	0.315851	0.349970	0.290527	0.333333	0.333333	0.333333	1.0	2	...	NaN	NaN	NaN
3	SE3	A001000000GA02	0.315851	0.349970	0.290527	0.333333	0.333333	0.333333	1.0	3	...	0.686667	NaN	NaN
4	SE3	A001000000GA02	0.315851	0.349970	0.290527	0.333333	0.333333	0.333333	1.0	4	...	0.333333	NaN	NaN