

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL  
DE LAS AMÉRICAS  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**Para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería Industrial**

**Propuesta de un Modelo de Muestreo y Control  
Estadístico de crecimiento del lirio (medida botón) en la  
empresa Plantas & Flores Ornamentales CABH**

**AUTOR**

**Alejandra María Ávila Pérez**

**TUTOR**

**Ing. Allan Maroto Coto**

**LECTOR**

**Ing. Luis Fernando Porras Valverde**

**Sede Aranjuez**

**San José, Costa Rica, 09 de noviembre, 2020**

## **Dedicatoria**

A Dios en primer lugar, por permitirme transitar este camino y llegar hasta aquí; por la sabiduría, humildad, paciencia y templanza para levantarme cada día para perseguir mis sueños y lograr esa meta tan anhelada. Gracias Virgencita de los Ángeles por acompañarme siempre.

Quiero también dedicar este importante y hermoso proyecto a mi querida madre, Ligia María y a mis abuelos, Marino y Margarita quienes, aunque ya no los tengo conmigo, fueron y serán mis entrañables y sabios consejeros, motivadores para iniciar y concluir con éxito cada plan trazado en mi vida.

A mis hermanos y a mi padre Edelberto, quienes han sido un gran apoyo y me han motivado a luchar a pesar de las dificultades del camino y a sobreponerme de todo tropiezo para seguir adelante siempre.

A mi amigo y compañero de carrera Tavito, testigo de momentos buenos y no tan buenos, pero que siempre ha estado ahí para brindarme un consejo y tenderme su mano.

## **Agradecimientos**

A mi tutor de tesis el Ingeniero Allan Maroto Coto, por sus sabios consejos y guía en la elaboración de este único, maravilloso e invaluable proyecto.

A mi profesor y maestro, el Ingeniero Alejandro Leiva González, por transmitirnos siempre sus conocimientos tan valiosos.

A nuestro Director de Carrera, el Ingeniero Freddy Hernández Barahona, por guiarnos siempre para hacer todas las cosas con el mayor esfuerzo, dedicación y empeño.

A mis profesores y compañeros por ser cómplices durante estos años de aprendizaje, risas y lágrimas.

## Contenido

Dedicatoria .....	1
Agradecimientos .....	2
Carta de Autorización del Tutor.....	3
Carta de Revisión Filológica.....	4
Declaración Jurada .....	5
Solicitud de Defensa .....	6
Tablas .....	13
Figuras.....	14
RESUMEN EJECUTIVO .....	16
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	17
Generalidades de la Empresa Plantas & Flores Ornamentales CABH .....	19
Misión. ....	19
Visión. ....	19
Antecedentes Históricos.....	20
Planteamiento del Problema.....	24
Objetivos .....	25
<b>Objetivo general.</b> .....	25
<b>Objetivos específicos.</b> .....	25
Justificación.....	26
Antecedentes .....	28
Proyecciones .....	28
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	29
Edad Fisiológica de los Cultivos: El uso de Grados Día .....	33

Fenología del Lirio ( <i>Lilium Spp.</i> ) .....	35
Generalidades del cultivo de lirios .....	35
Propagación y siembra del cultivo .....	36
Morfología del Lirio.....	37
Requerimientos Edafoclimáticos .....	38
Medición del Botón.....	40
Técnica de medición del botón .....	41
Tipos de Invernaderos .....	42
El Efecto borde en la cama de siembra .....	44
Kaizen .....	46
Diagrama de Pareto .....	46
Diagrama causa-efecto .....	48
Diagrama de Gantt .....	50
Inferencia Estadística .....	52
Diseño de Experimentos .....	52
Variable(s) de respuesta. ....	53
Factores controlables.....	53
Factores no controlables o de ruido. ....	54
Factores estudiados. ....	54
Niveles y tratamientos.....	54
Error aleatorio y error experimental.....	55
Etapas en el diseño de experimentos.....	55
Aleatorización .....	57
Repetición .....	57

Bloqueo .....	57
Desviación Estándar.....	58
Clasificación y selección de los diseños experimentales .....	58
Estimación puntual y por intervalo .....	62
Grados de Libertad.....	63
Planteamiento de una hipótesis estadística .....	63
Estadístico de prueba.....	64
Criterio de rechazo .....	64
Diseño completamente al azar y ANOVA .....	64
ANOVA para el diseño completamente al azar (DCA) .....	65
Método LSD (diferencia mínima significativa) .....	65
Diseño de bloques completos al azar .....	65
Factores de bloque.....	65
Diseño en cuadro latino.....	66
Diseños factoriales .....	66
Diseño factorial 22.....	67
Gráficas de Control $\bar{X} - S$ .....	67
Pasos para interpretación de resultados.....	68
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>69</b>
Enfoque .....	70
Alcance.....	72
Método .....	73
Diseño no experimental.....	73
Diseño experimental.....	73

	10
Muestra de la Investigación .....	74
Muestra no probabilística.....	74
Muestra probabilística.....	74
Aleatorio simple.....	74
Aleatorio sistemático.....	74
Estratificado.....	74
Conglomerado.....	75
Variables o Unidades de Análisis .....	76
Instrumentos .....	78
Descripción de los instrumentos .....	80
Observación.....	80
Entrevista.....	80
Documentos, registros, materiales y artefactos .....	81
Proceso para la Recolección de Datos .....	81
Método de Análisis .....	82
Cronograma.....	82
WBS .....	82
Diagrama de Gantt .....	84
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL (DIAGNÓSTICO).....</b>	<b>86</b>
Descripción del Proceso Actual .....	86
Mapeo de Procesos Plantas & Flores Ornamentales CABH.....	87
Diagrama de Flujo Estimaciones (funciones cruzadas) .....	88
Consideraciones importantes de proceso de estimaciones.....	90
Metodología y Cálculo.....	90

	11
Análisis de situación .....	95
Análisis Algoritmo de Klee y Pareto .....	97
Diagrama de Ishikawa.....	97
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>99</b>
Conclusiones del Diagnóstico .....	99
Recomendaciones.....	100
<b>CAPÍTULO VI: PROPUESTA</b> .....	<b>102</b>
Diseño .....	103
Fase de preparación del modelo.....	103
Determinación de la metodología de muestreo .....	108
Diseño del modelo factorial <b>22</b> .....	110
Determinación de la metodología de muestreo en la cama de siembra .....	114
Determinación de las curvas de crecimiento por variedad (medida del botón) .....	114
Fase de diseño e implementación del modelo.....	115
Fase de prevención.....	139
Análisis Económico .....	139
Estimación del costo para diseño y desarrollo de una aplicación (app).....	139
Costo de licencia Microsoft Power BI y capacitación .....	140
Estimación del costo de contratación y honorarios del Ingeniero Industrial .....	141
Costo Beneficio .....	143
Plan de Implementación.....	144
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>146</b>
<b>APÉNDICES</b> .....	<b>150</b>



## Tablas

Tabla 1: Variables de Análisis .....	77
Tabla 2: Indicadores, recursos requeridos y beneficios del proyecto .....	79
Tabla 3 Comparación entre tallos estimados vs tallos cosechados (error de estimación) .....	93
Tabla 4: Resumen tallos estimados vs tallos cosechados Semana 18-2020.....	94
Tabla 5 Algoritmo de Klee y Pareto .....	95
Tabla 6 Algoritmo de Klee Datos ordenados por resultado.....	96
<b>Tabla 7</b> Tabla cálculo modelo factorial 22 .....	112
Tabla 8 Cálculo del Anova.....	112
Tabla 9 Efecto principal A .....	113
Tabla 10 Curvas de crecimiento finca el Cerro (extracto) .....	115
Tabla 11 Control de Curvas de crecimiento.....	117
Tabla 12 Tabla Curvas de crecimiento por variedad y calibre (extracto) .....	120
Tabla 13 Rango de medidas según curva de crecimiento – Nashville (12/14) .....	125
Tabla 14 Toma de tiempos - Medida de botón .....	132
Tabla 15 Variedad Nova Zembla (18/20) Invernadero 6A CS-64.....	136
Tabla 16 Cálculos de variables y límites de control $\bar{X} - S$ .....	137
Tabla 17 Cálculo honorarios Desarrollador software Muestreos FT (app).....	140
Tabla 18 Cálculo del costo de licencias Power BI.....	141
Tabla 19 Cálculo contratación asistente de estimaciones .....	141
Tabla 20 Presupuesto de honorarios proyecto Modelo de Muestreos y Control Estadístico. ....	142
Tabla 21 Resumen de costos del proyecto .....	142
Tabla 22 Resumen tallos estimados vs tallos cosechados Semana 49-2019.....	143

## Figuras

Figura 1: Galería de Productos Lirios LA Híbridos y Orientales .....	22
Figura 2: Galería de Productos Rose Lillies y Lirios sin Polen .....	23
Figura 3: Galería de Productos Gergeras y Flores de altura .....	23
Figura 4: Cuadro II.9 Total de fincas con cultivos ornamentales .....	31
Figura 5: Gráfico II.13 Distribución porcentual extensión de siembra cultivos ornamentales	31
<i>Figura 6: Gráfica de Grados Día y del Grados Día Acumulados.....</i>	<i>34</i>
Figura 7: Botón principal - Define la edad de la planta. ....	40
Figura 8: Botón Lirio (Lilium Spp).....	41
Figura 9: Diagrama de Gantt.....	51
Figura 10: Clasificación de diseños experimentales .....	59
Figura 11: Muestra de distribuciones de probabilidad de mayor uso en inferencia.....	62
Figura 12 Gráfica X barra – S de pesos .....	68
Figura 13: Fórmula para el cálculo del tamaño de muestra poblaciones finitas .....	75
<i>Figura 14: WBS se detalla por capítulos los entregables del proyecto de investigación.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 15: Diagrama de Gantt cronograma del desarrollo del proceso de trabajo final de graduación .....</i>	<i>84</i>
Figura 16 Mapeo de Procesos P&F.....	87
Figura 17 Diagrama de Flujo Estimaciones (funciones cruzadas).....	88
Figura 18 Gráfico de Pareto – Criterios de Evaluación .....	96
Figura 19 Diagrama de Ishikawa .....	97
Figura 20 Cálculo de tamaño de muestra poblaciones conocidas.....	104
Figura 21 Camas de siembra dentro de un invernadero – Finca El Cerro .....	105
Figura 22 Cálculo de tamaño de muestra para 2700 individuos .....	106

Figura 23 Gráfico Prueba Normal Variedad Santander 08/2/2019 .....	106
Figura 24 Gráfico Prueba Normal Variedad Santander 02/3/2020 .....	107
Figura 25 Gráfico Prueba Normal Variedad Nashville 14/3/2020.....	107
Figura 26 Resumen Análisis Estadísticos años 2019 - 2020.....	108
Figura 27 Botón mayor .....	109
Figura 28 Gráfico efecto principal A (posición) .....	113
Figura 29 Invernadero N.º 2 Finca El Cerro .....	116
Figura 30 Control de medición en cama de siembra.....	118
Figura 31 Medición en campo – Curvas de crecimiento.....	119
Figura 32 Modelo de datos – MS Power BI.....	121
Figura 33 Curvas de Crecimiento – Modelo Base de Datos .....	121
<i>Figura 34 Muestreo variedad Nashville (14/16) MS Power BI.....</i>	<i>126</i>
Figura 35 Muestreo variedad Nashville (14/16) - cama siembra N.º 31 .....	127
Figura 36 Control de Muestreos El Cerro (Visual Basic) .....	129
Figura 37 Simulación de Muestreo El Cerro.....	130
Figura 38 Sección T_Muestreo (datos recolectados).....	131
Figura 39 Sujetador multifuncional para Tablet (cuello – cintura).....	133
Figura 40 Soporte Universal para el Cuello.....	134
Figura 41 Diagrama de flujo estimaciones (propuesta) .....	135
Figura 42 Gráfica de Control $\bar{X}$ – Nova Zembla (18/20).....	137
Figura 43 Gráfica de Control S – Nova Zembla (18/20) .....	138
Figura 44 Diagrama de Gantt de cronograma de implementación Modelo de muestreos y control estadístico Plantas & Flores Ornamentales CABH.....	145

## RESUMEN EJECUTIVO

Podría resultar sencillo intentar explicar cómo emplear una metodología estadística de muestreo y control de crecimiento del botón en una cama de siembra de un invernadero, de manera tal que pueda ser muy bien utilizado y aprovechado para ayudar a las empresas floricultoras a optimizar sus costos y, por ende, lograr identificar atrasos en el crecimiento de sus cosechas estimadas. De esta manera se podrán tomar medidas anticipadas para corregir estas desviaciones causadas por factores climáticos como la temperatura, lo cual, definitivamente, favorecería su efectividad en proyecciones semanales y oferta de tallos a sus clientes finales.

La implementación del modelo de muestreo y control estadístico permite considerar de una manera más adecuada el factor climático, desde el punto de vista de crecimiento de cualquier cultivo según la zona geográfica. En palabras muy sencillas, consiste en utilizar la información que el mismo cultivo nos brinda, de manera que, esa información sea la base para fundamentar una toma de decisión más acertada.

Por tanto, evaluar, definir, analizar, diagnosticar, implementar y controlar, el proceso de estimaciones a través de la utilización de diferentes herramientas estadísticas es de suma importancia para la mejora continua, ya que proporciona datos valiosos para conocer las oportunidades de mejora, en este caso particular, de las estimaciones de cosecha de tallos de lirios para una semana esperada.

En el presente trabajo se expondrá cómo, la aplicación de una herramienta como el Modelo de Muestreos y Control estadístico de crecimiento (medida del botón), puede impactar positivamente luego de su implementación en la certeza de la proyección de estimaciones, así como la toma de decisiones oportunas para aplicar medidas necesarias que permitan corregir desviaciones del proceso productivo ejecutado por el Departamento de Estimaciones en la empresa Plantas y Flores Ornamentales CABH.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Esta investigación y trabajo final de graduación, el cual forma parte del requisito final para la obtención del grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial, tiene como objetivo principal proponer un Modelo de Muestreo y Control Estadístico de crecimiento del lirio (medida del botón), en las camas de siembra del invernadero para el proceso de estimaciones de la empresa Plantas & Flores Ornamentales CABH., para obtener datos confiables que puedan ser usados por la empresa para la elaboración de las proyecciones de ventas semanales.

Según Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar (2008) el diseño de experimentos: “Consiste en planear y realizar un conjunto de pruebas con el objetivo de generar datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas por el experimentador sobre determinada situación. Un diseño de experimentos se hace con la intención de resolver un problema o comprobar una idea que se quiere estudiar.”

Para la realización de este proyecto y lograr los objetivos deseados, se han organizado los siguientes capítulos como línea de investigación, en relación con la propuesta de un modelo de **Muestreo y Control Estadístico**, para obtener estimaciones de cosecha confiables que puedan ser usados para proyecciones de ventas en la empresa Plantas y Flores Ornamentales CABH.

Los capítulos expuestos seguidamente diseñan, desarrollan y se plantean el proceso estimaciones de cosecha que se realiza en aras de entender el mismo, así como encontrar oportunidades de mejora, medir evaluar y analizar para, posteriormente, realizar la propuesta que mejor se ajuste a las necesidades del modelo.

### Capítulo I

En este capítulo se desarrolla la columna vertebral que dará al proceso de la investigación su desarrollo. En este apartado se analizan los antecedentes del objeto de estudio, en el cual se manifiesta la situación actual del mismo, y que da paso a desarrollar el planteamiento del problema. Partiendo de esta problemática se definen los objetivos hacia dónde se desea llegar con la investigación. Con las variables e indicadores determinados, se trabaja para lograr resolver la problemática planteada. Adicionalmente, se detalla de manera amplia la metodología Grados Día Acumulado como base teórica que permita diseñar una variación del modelo original que pueda ser adaptado a las condiciones reales que se presentan en los invernaderos.

## Capítulo II

El capítulo II corresponde al marco referencial, siendo este el pilar fundamental para todo trabajo de investigación por cuanto constituye la base sobre la cual se respalda cualquier lenguaje teórico relacionado con el tema de investigación. El fin de este capítulo es el de situar el problema dentro de un conjunto de conocimientos que permita orientar la búsqueda y ofrezca una definición adecuada de los términos que se utilizarán.

## Capítulo III

En este capítulo se establece la metodología de una investigación, la cual se encarga de establecer el método que se aplicará en el proyecto y recopilará toda aquella información necesaria para el adecuado desarrollo de la investigación planteada. En esta sección se indica el tipo de investigación que se efectúa; las razones de la elección de la investigación se consideran las fuentes consultadas, tanto las primarias como las secundarias; así como las técnicas e instrumentos utilizados para recabar la información necesaria para conocer la realidad y analizar los resultados obtenidos.

## Capítulo IV

El capítulo IV corresponde al análisis de los resultados, los cuales se obtuvieron después de aplicar los instrumentos; el desarrollo de este capítulo se realiza en orden de variable, sustentando estos resultados con las teorías expuestas.

## Capítulo V

En este capítulo se redactan las conclusiones y recomendaciones; producto que se obtiene después del análisis de los resultados. Las recomendaciones se escriben como sugerencias después de conocer las conclusiones obtenidas y con el fin de desarrollar una mejora en el proceso.

## Capítulo VI

En el capítulo VI se pretende elaborar el diseño de la propuesta, el plan de implementación y la evaluación financiera, el mismo se desarrollará con base en las conclusiones obtenidas y a la medida de la institución.

## **Generalidades de la Empresa Plantas & Flores Ornamentales CABH**

### Misión.

Brindar esplendor y felicidad a todas las personas a través de todos nuestros productos. Por eso, la principal responsabilidad de nuestro equipo es garantizar que esta belleza tan única se conserve íntegra a lo largo de su trayecto desde la finca hasta sus manos. (<https://es.pfcostarica.com/>)

### Visión.

Con décadas de experiencia, tecnología de punta y un equipo de ingenieros apasionados por nuestro propósito, ser expertos en diseñar y optimizar continuamente los procesos que hacen posible que cumplamos nuestra misión. Buscando siempre la excelencia operacional en cada uno de nuestros procesos. (<https://es.pfcostarica.com/>)

La empresa Plantas y Flores Ornamentales CABH (P&F), es una empresa familiar de capital cien por ciento costarricense que produce y exporta una gran variedad de magníficas flores de primera calidad, así como plantas ornamentales y follajes con una amplia gama de exuberantes variedades.

En el campo de la floricultura, la empresa cuenta con más de 30 años de experiencia, tal como lo menciona en la portada principal de su página web:

“Haciendo gente sonreír con la belleza de nuestros productos desde 1986.”

Es importante destacar que, P&F cuenta con un número importante de fincas ubicadas en diferentes zonas geográficas de Costa Rica. Entre estas podemos mencionar la provincia de Cartago: Llano Grande de Cartago, Valle de Orosi, Ujarrás. De la provincia de Limón: varias fincas ubicadas en la zona de Guácimo y Jiménez. Y en la provincia de Heredia: Finca El Cerro ubicada en la localidad de San José de la Monta, cantón Barva, Latitud 10°03'25"N, Longitud 84°06'58"O, Elevación 1.530 msnm. Esta última finca, dedicada al cultivo de flores desde hace más de 14 años, y donde, se realizará la investigación correspondiente a este trabajo de graduación.

Dentro de su cultura organizacional encontramos una serie de principios que adopta como suyos, y forman parte de su filosofía, estos se mencionan también en su página (<https://es.pfcostarica.com/>):

- Todo empieza con la gente correcta: Porque estamos conscientes de esto, hacemos un esfuerzo excepcional por contratar, desarrollar y motivar a las personas indicadas para cada trabajo.
- Responsables de la belleza de las flores: la principal responsabilidad de nuestro equipo es garantizar que esta belleza tan única se conserve íntegra a lo largo de su trayecto desde la finca hasta sus manos.
- Buscando la excelencia operacional: Nuestro compromiso con la excelencia operacional en todas estas actividades es la razón por la cual podemos entregar producto de alta calidad de manera consistente.
- Una cultura de innovación: Después de muchos años de trabajar al lado de la Naturaleza, hemos desarrollado un entendimiento y una apreciación únicos por el poder de la evolución.
- Somos una empresa familiar: Con el tiempo hemos desarrollado y seguimos esforzándonos en fortalecer una cultura que tiene en gran estima los valores familiares tradicionales como la confianza, la solidaridad y el trabajo en equipo.

Estos principios y valores motivados por un sentido de urgencia particular de empresas familiares, hace que dé especial atención en temas como los líderes de la siguiente generación y de siempre buscar hacer negocios con una visión de largo plazo.

#### Antecedentes Históricos

La empresa Plantas y Flores Ornamentales CABH, nace en el año de 1986, en la localidad de Llano Grande de Cartago como o una pequeña finca dedicada al cultivo de flores. Su fundador Don Cecil Alfaro Bravo, tomó una de las fincas de su padre y la transformó en una de las empresas productoras de flores, más importantes de Costa Rica y la región.

Desde sus inicios en 1986, cultiva y exporta flores de bulbo holandés importados de primera calidad y la variedad más sorprendente de flores tropicales y follajes. P&F fue la primera granja de lirios y flores tropicales certificada Rainforest Alliance en 2007.

Además de un manifiesto compromiso de salvaguardar el bienestar de nuestra gente, proteger los recursos naturales y promover prácticas agrícolas ecológicas.

A lo largo de estos años, su liderazgo ha guiado a sus equipos de trabajo para desarrollar habilidades particulares en producción, ventas y conocimiento de cultivos que implican un alto nivel de dificultad. Todo comenzó en una granja de 8 acres con 5 empleados. Año tras año, P&F ha crecido en tamaño y experiencia. Nuestro desarrollo se refleja ahora en:

- Más de 100 acres de invernaderos
- 260 acres de producción de campo
- Operación de 450 empleados
- Más de 26 millones de bulbos cosechados cada año.
- Más de 4500 toneladas de carga exportadas por año.

Todos estos años de experiencia han agregado progresivamente valor a sus variedades ofertadas, para poder administrar una de las carteras de productos más variadas y únicas en la industria floral.

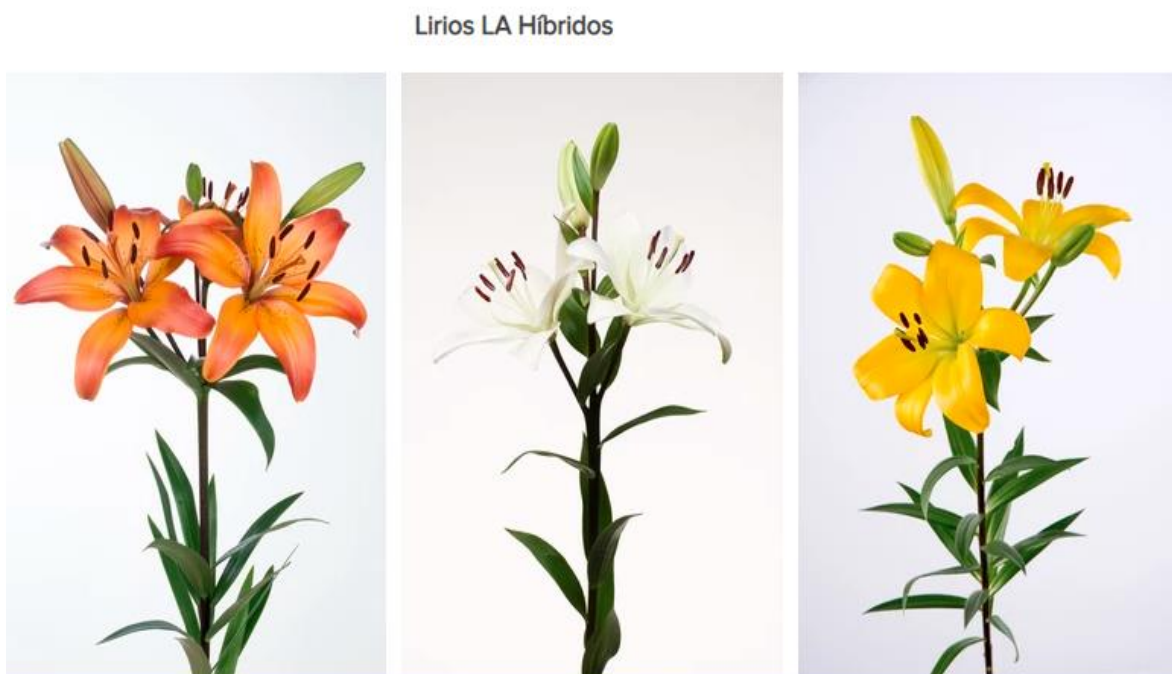
Dentro de su cartera de productos podemos mencionar las flores de altura como: Lirios Orientales, lirios LA Híbridos, Lirios Rose, Tangos y Lirios sin Polen, Gerberas, Gladiolas, Claveles, Crisantemos entre otras. En su cartera de productos tropicales encontramos: Heliconias, Follajes tropicales, Aves del Paraíso, helechos entre otros. Con toda esta variedad, se elaboran bouquets y ramos florales principales comercio de Centro y Norte América (Estados Unidos y Canadá).

Seguidamente en las Figura 1, Figura 2 y Figura 3, se detalla una pequeña parte de las variedades que componen el catálogo de variedades que ofrece esta empresa, de las cuales se distinguen dos grandes grupos:

1. Flores de Altura: flores cultivadas en zonas altas de clima frío como Llano Grande de Cartago y San José de la Montaña en Heredia.
2. Plantas y Follajes Ornamentales: follajes tropicales y variedades autóctonas de la zona trópico húmedo cultivadas en Rio Jiménez de Guácimo, Limón.

Galería de productos:

Figura 1: Galería de Productos Lirios LA Híbridos y Orientales



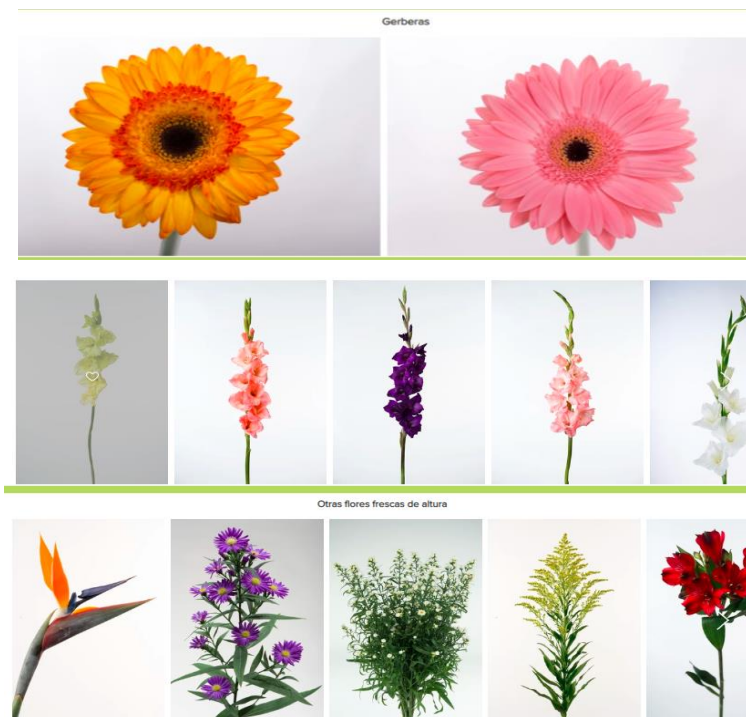
Nota: Página web P&F

Figura 2: Galería de Productos Rose Lillies y Lirios sin Polen



Nota: Página web P&F

Figura 3: Galería de Productos Gergeras y Flores de altura



Nota: Página web P&F

## Planteamiento del Problema

Después de conocer en los antecedentes la situación actual del objeto en estudio, es oportuno describir de forma puntual la problemática identificada en este tema de investigación, la misma enumera las situaciones analizadas para ofrecer una solución al desarrollo de la interrogante planteada posteriormente.

Las empresas floricultoras del país no tienen modelos de predicción basados en datos históricos y generalmente tampoco llevan un registro electrónico de estos. El método de estimación actual no se fundamenta en teoría estadística y tampoco contempla elementos o variables que influyen directamente en el crecimiento del lirio (*Lilium Sp*), tales como el factor genético, edad del bulbo, lugar de procedencia, proveedor, contenedor y lote de siembra, la luz dentro del invernadero y la temperatura entre otros.

No es posible realizar un estimado de proyección de cosecha confiable y verificable. Los errores de estimación según los registros históricos (tablas manuales en Excel), muestran fluctuaciones o rangos de error en estimación entre el 30% y 100%, que además no pueden ser comparados o verificados ya que son realizados manualmente y dependen del criterio y experiencia del estimador, además de que cambian semana a semana y no lleva un registro electrónico que permita el uso de esos datos.

Se debe destacar que el mercado de flores tiene un comportamiento dinámico muy similar al mercado del café. Los precios de los tallos dependen de la oferta estimada de las fincas productoras, esta cantidad de tallos se ofertan por adelantado dependiendo de la semana y época del año. Entre más acertadas sean las estimaciones para cada semana, mayor fiabilidad de los clientes. Debido a que estos esperan contar con cierto número de tallos por variedad y color en semanas específicas del año y que, a su vez, estiman vender al cliente final.

Por lo que, si la estimación de los tallos para la semana indicada no se logra cumplir, se deben realizar créditos por las diferencias que no se pueden entregar y además para las semanas siguientes hay un incremento en los inventarios. Este efecto provoca que los precios bajen debido al exceso de oferta de flor y necesidad de las fincas de vender esos inventarios para evitar pérdidas mayores. Existe entonces un tema de fidelidad de clientes y un margen de confiabilidad, que son factores clave o críticos para una empresa como Plantas & Flores Ornamentales CABH.

La meta principal del Departamento de Ventas es mantener un error de estimación semanal igual o menor al 10%, sin embargo, y considerando el contexto actual mencionado, surge entonces la siguiente pregunta:

¿Cómo diseñar un modelo de muestreo y control estadístico de crecimiento del lirio (medida del botón) en las camas de siembras del invernadero, para obtener datos de estimaciones de cosecha confiables que puedan ser usados para proyecciones de ventas en la empresa Plantas y Flores Ornamentales CABH?

## **Objetivos**

### **Objetivo general.**

Diseñar un modelo de muestreo y control estadístico de crecimiento del lirio (medida del botón) en las camas de siembras del invernadero, para obtener datos de estimaciones de cosecha confiables que puedan ser usados para proyecciones de ventas en la empresa Plantas y Flores Ornamentales CABH.

### **Objetivos específicos.**

1. Entender el proceso actual de estimaciones de cosecha (muestreo y cálculos), en las camas de siembra del invernadero.
2. Medir el error estimación asociado al modelo actual en función de oportunidad de venta realizada/no realizada.
3. Analizar los resultados obtenidos en la medición de la ejecución de los procesos de estimación.
4. Definir la propuesta de un modelo de muestreo y control estadístico de crecimiento del lirio (medida del botón) en las camas de siembras del invernadero.
5. Establecer mecanismos de control adecuados que permita a la propuesta planteada una evaluación constante y mejora continua.

## Justificación

El cultivo de las flores en Costa Rica ha venido en aumento en los últimos años, siendo su principal mercado Estados Unidos y Canadá. Para enero del 2008 se da la unión de tres organizaciones gremiales: la Cámara Costarricense de Floricultores (ACOFLOR), la Cámara de Productores y Exportadores de Helechos (ACOPHEL) y la Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Plantas Ornamentales (CANEPLANTA), para conformar la Federación de Exportadores de Ornamentales de Costa Rica, que posteriormente se convirtió en la Cámara Nacional de Plantas, Flores y Follajes de Costa Rica. Su objetivo unir esfuerzos del sector para una mayor participación en las principales ferias de mercados internacionales, así como acceder a nuevos mercados, cumplir con las normas de calidad establecidas, mejorar el poder de negociación (defensa de intereses en materia de precios) y posicionar los productos costarricenses a nivel internacional.

De acuerdo con el resumen ejecutivo del informe "Mercado de plantas, flores y follajes en EE. UU.", de Procomer Costa Rica (PROCOMER, 2017), se menciona que:

[...] Estados Unidos es el principal mercado de exportación para Costa Rica, en 2016 se envió 69 millones de USD, equivalente a un 49% del total exportado. La importancia del mercado estadounidense es mayor para las flores, donde se colocan 9 de cada 10 dólares exportados; en el caso de plantas, se envían casi 3 de cada 10 dólares de todo lo exportado y en follajes, la participación de ese destino es mucho menor (5%). Actualmente Costa Rica provee un 2% de las flores importadas por Estados Unidos, un 6% de las plantas y un 3% de los follajes.

Para que el sector de plantas, flores y follajes aumente su participación en Estados Unidos, a continuación, se sugieren algunas tácticas y estrategias que podrían implementar los exportadores costarricenses:

- Constante revisión de la estrategia de precios, considerando que un tercio de la demanda de ornamentales y flores se concentra en las festividades, debe de aprovecharse esa coyuntura, por ejemplo, para el día de la madre (en mayo) los precios pueden incrementarse entre un 27% y un 38% en relación con el promedio semanal.

- Explorar la venta directa a minoristas: este es el segmento de mayor dinamismo, actualmente un 43% de los bouquets y arreglos y un 54% de las flores y follajes se compran directamente a productores en otros países (principalmente Colombia, Ecuador). Esto implica mayor preparación y habilidades de negociación por parte de los productores, así como la adaptación del producto (bouquets armados, productos de temporada). Un 52% se concentra en el segmento de floristerías y 48% en supermercados.

Partiendo de la anterior premisa, el realizar este proyecto es importante para brindar una herramienta de *control estadístico* con el fin de contribuir a optimizar el uso de los datos recolectados y obtener estimaciones de cosecha confiables, que puedan ser usados por el departamento de comercial en el diseño de estrategias de proyección de ventas adecuadas.

De acuerdo con Cabezón (2014):

[...] “es necesario que cualquier organización que pretenda situar a la calidad en el centro de sus actividades y que busque mejorar la productividad y sus costes, disponga de los tres pilares que se han citado. Por ejemplo, de nada serviría el uso de gráficos de control en una organización en la que no existiera la cultura necesaria, o se intentase solucionar los problemas de la calidad sin la implicación de la alta dirección, o incluso sin utilizar las herramientas básicas necesarias para resolver estos problemas.”  
(Cabezón Gutiérrez, 2014)

La implementación del modelo de muestreo y control estadístico permite considerar de una manera más adecuada el factor climático, desde el punto de vista de crecimiento de cualquier cultivo según la zona geográfica. En palabras muy sencillas, consiste en utilizar la información que el mismo cultivo nos brinda, de manera que esa información sea la base para fundamentar una toma de decisión más acertada.

### **Antecedentes**

La experimentación forma parte natural de la mayoría de las investigaciones científicas e industriales, en muchas de las cuales, los resultados del proceso de interés se ven afectados por la presencia de distintos factores, cuya influencia puede estar oculta por la variabilidad de los resultados mostrados. Es fundamental conocer los factores que influyen realmente y estimar esta influencia. Para conseguir esto es necesario experimentar, variar las condiciones que afectan a las unidades experimentales y observar la variable respuesta. Las estimaciones de siembra pueden llegar a ser el rubro más importante en las empresas de flores, es importante mantener una administración y control sobre los puntos importantes para asegurar el éxito de una compañía como Plantas & Flores, por lo que, determinar la manera adecuada de realizar el muestreo y proyección de cosechas de los lirios, es fundamental para cumplir con las metas de ventas.

### **Proyecciones**

Después de desarrollar el planteamiento del problema y estar consciente de la situación al momento de iniciar el proyecto, se determinan los objetivos específicos, mismos que ofrecen elementos que permiten establecer las proyecciones que, para efectos de esta investigación, se consideran en función de la propuesta del Modelo de Muestreo y Control Estadístico de crecimiento del lirio (medida del botón), esperando conseguir los siguientes alcances:

- El proyecto se desarrolla en la finca El Cerro ubicada en la localidad de San José de la Montaña, cantón de Barva, provincia de Heredia Costa Rica.
- Medir el proceso de cálculo de proyección de cosechas del Departamento de Estimaciones que permitan determinar las causas de los errores de estimación.
- Contribuir de manera beneficiosa a la empresa con el diseño de un modelo estadístico que permita obtener datos confiables para el cálculo de proyección de cosechas.
- Establecer como modelo a la finca El Cerro, en la parte de estimación de cosechas y que esta metodología sea considerada exitosa.
- El modelo propuesto sirva de ejemplo para ser implementado en el resto de las fincas pertenecientes a P&F.
- Implementar sistemas de control que permitan la mejora continua en la ejecución del modelo.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Según Balliache (2009), “El marco teórico es una descripción detallada de cada uno de los elementos de la teoría que serán directamente utilizados en el desarrollo de la investigación. También incluyen las relaciones más significativas que se dan entre esos elementos teóricos”.

De manera similar y considerando perspectivas más recientes, tenemos también lo expuesto por Hernández, Fernández y Baptista (2014), quienes mencionan que, “El marco teórico es un compendio escrito de artículos, libros y otros documentos que describen el estado pasado y actual del conocimiento sobre el problema de estudio. Ayuda a documentar cómo la investigación agrega valor a la literatura existente”. (p.104)

En este capítulo se presentan todas aquellas definiciones necesarias de conocer por parte del lector en función de poder comprender el tema de estudio y son las que sustentan la investigación. Adicional a esto, se consideran otras investigaciones de artículos científicos y tesis de grado que ofrecen datos y material que se suman a los aportes que serán de suma relevancia para el diseño del modelo de muestreo en la empresa Plantas y Flores Ornamentales CABH. Se dará inicio sustentando las variables con los conceptos y aportes de otros autores, así como también los criterios en orden de variables o factores según corresponda.

De acuerdo con Flores (1994), en un artículo publicado en el Atlas Agropecuario de Costa Rica, en referencia al cultivo de flores en nuestro país, se extrae lo siguiente:

En Costa Rica, la primera información escrita sobre el cultivo de las flores data de inicios del siglo XX. Donde se menciona la existencia de algunos productores que se dedicaban a este cultivo en el Valle Central. En el año de 1916, el señor N.W. Clausen producía flores en dos fincas llamadas “La Mirafior” y “La Flor” consideradas como fincas modelo.

Para el año de 1945, el señor Felipe Van der Laat inició con el cultivo de gladiolas al aire libre en la finca San Fernando, lugar que ocupa la Estación Experimental Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica, barrio San José de Alajuela.

[...] La primera exportación de flores se realizó en 1956. En dicho año se exportaron claveles, petunias y gladiola, así como bulbos y semillas de estas últimas, por un valor de \$43.000 dólares. (p. 323)

[...] A finales de los 70's, el señor Luis Vega le da un nuevo auge a la floricultura, impulsando varios proyectos de flores, algunos, aún permanecen y se encuentran entre las principales empresas dedicadas a la producción de flores.

Para el año de 1989, había en Costa Rica aproximadamente 110 ha de flores cultivadas en invernadero, y 170 ha de flores al aire libre, principalmente de las denominadas tropicales. (p. 324)

Flores (1994) menciona que, “si bien es cierto, el cultivo de flores tiene ya bastantes años en Costa Rica, no se puede afirmar que haya en el país una cultura floricultora como tal. Lo que, sí es importante mencionar es que, la creación de estas empresas ha sido fuente de empleo directo en las zonas en las que éstas se asentaron. De tal manera que las personas fueron adquiriendo conocimiento técnico y experiencia para incluso formar sus propias unidades productivas dedicadas al mercado interno.” (p. 324)

Siguiendo con lo anterior, y para tener una idea más clara de la dimensión de terreno dedicado a esta actividad, se toma los datos publicados por el INEC en el VI Censo Nacional Agropecuario del 2014, en el cual para la categoría de cultivos ornamentales se indica que:

La investigación censal identificó un total de 2 737 fincas que tienen dentro de sus actividades productivos cultivos ornamentales, que a su vez poseen un área total de 6 215,0 hectáreas sembradas. Cabe destacar, que en el año agrícola se registraron 5 877,5 hectáreas que fueron cosechadas o se encontraban en edad de producción, lo cual representa el 94,6% de la superficie sembrada. (INEC, 2014) (p. 36)

Seguidamente, en la Figura 4, se detalla el tipo de cultivo, el total de fincas y la extensión de siembra:

Figura 4: Cuadro II.9 Total de fincas con cultivos ornamentales

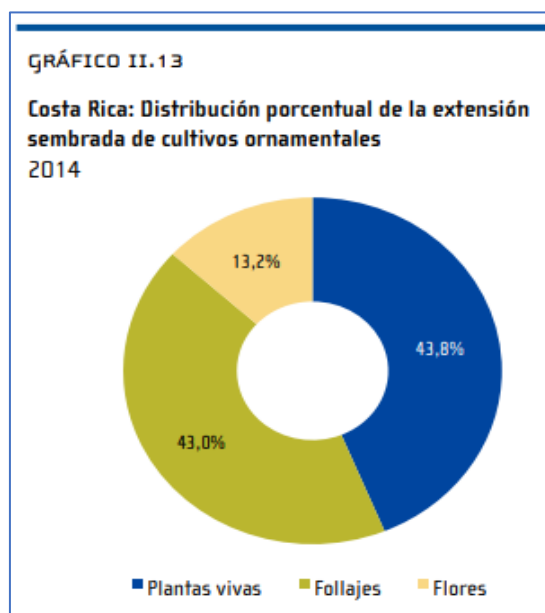
**CUADRO II.9**  
**Costa Rica: Total de fincas con cultivos ornamentales por extensión sembrada y cosechada o en edad de producción, según cultivo 2014**

Cultivo	Total de fincas	Extensión	
		Sembrada	Cosechada o en edad de producción
Plantas vivas	1 377	2 722,7	2 567,5
Follajes	671	2 668,9	2 534,6
Flores	689	823,4	775,4

Nota: INEC. VI Censo Nacional Agropecuario 2014

Dados los datos anteriores de la Figura 4, del área dedicada a cultivos ornamentales, el 43,8% corresponde a plantas vivas, los follajes suman el 43,0% y las flores el 13,2%. Estos porcentajes se resumen en la Figura 5, la cual se detalla a continuación:

Figura 5: Gráfico II.13 Distribución porcentual extensión de siembra cultivos ornamentales



Nota: INEC. VI Censo Nacional Agropecuario 2014

A pesar de que nuestro país, no cuenta con una extensión de cultivo de flores en cantidad de hectáreas comparable a su principal competidor Colombia. Es importante destacar que la calidad y variedad de la flor nacional es de gran preferencia y muy cotizada en los mercados más importantes de la región de norte américa (Estados Unidos como principal consumidor, seguido de Canadá).

Al igual que Colombia, el sector floricultor de Costa Rica carece de un modelo que permita obtener datos confiables para elaborar sus proyecciones de cosecha, por lo que a continuación se hará referencia a investigaciones y fundamentos teóricos que sustentan la base del presente trabajo de investigación.

De acuerdo con Vila Arboleda, Juan José (2009) en su tesis “Modelo de Proyección de la Producción de Rosas”, menciona que:

[...] la fenología hace parte de la meteorología que investiga las variaciones atmosféricas de la vida animal y de las plantas. El comportamiento de las plantas dentro del invernadero es diferente dependiendo del sitio donde estén situadas dentro de éste, ya que el calor acumulado no es igual en toda el área del invernadero; este calor acumulado se conoce como tiempo fisiológico, o en una forma más técnica como grados-día. (p. 1)

Adicionalmente a esto Vila Arboleda (2009), menciona la necesidad de un modelo basado en curvas de crecimiento que permita gestionar de manera más precisa la producción de rosas, del cual se cita lo siguiente:

El modelo que se está trabajando en Colombia, está diseñado por el tiempo fisiológico de las plantas, esto quiere decir la temperatura que manejan las rosas o grados-día como se le conoce, pero como hay diferentes variaciones en el clima estos modelos no son tan acertados; además de requerir un alto costo de mano de obra y tiempo.

Por lo anterior, se propone desarrollar para las empresas floricultoras del país un nuevo modelo de proyecciones, que obtenga mejores resultados para que estas empresas puedan tomar decisiones oportunas en bienestar de las mismas y del país. El modelo que se presentará está basado en estudios que se realizarán a la planta

para determinar su comportamiento y dependiendo de su comportamiento se construirá dicho modelo que arroja los resultados de las predicciones de producción en rosas. (p. 2)

De acuerdo con Méndez Soto (2015) en referencia a su artículo científico se destaca que:

En términos generales, la temperatura determina la distribución geográfica de las especies, el desarrollo de los cultivos y el rendimiento. En particular, los cambios en la temperatura inciden sobre la velocidad con que ocurren los eventos fenológicos, según el tiempo calendario. Así, un mismo cultivo en diferentes localidades y altitud sobre el nivel del mar, tiene un crecimiento diferente, lo cual a la vez influye en prácticas agrícolas tales como:

- Duración del ciclo del cultivo en diferentes localidades, épocas y genotipos.
- Determinación de las fechas de siembra, madurez fisiológica y cosecha.
- Pronóstico del rendimiento.
- Pronóstico de aparición de plagas.

Cada variedad requiere un acumulado de energía en Grados Día para cumplir con cada una de las etapas fenológicas. (p. 1)

### **Edad Fisiológica de los Cultivos: El uso de Grados Día**

Aplicación práctica del concepto, de acuerdo con Méndez Soto (2015):

[...] “Establecer la demanda energética de cada fase fenológica o de un ciclo de cultivo, permite al técnico y al productor proyectar el crecimiento de una planta cuando se cultiva en condiciones de temperatura diferente, en especial considerando el efecto del desajuste climático. Entonces, sería posible predecir la duración del ciclo, la floración, la fructificación o el rendimiento, bajo nuevas condiciones.

La limitante para el uso de este modelo es la falta de información específica de los grados GDA necesarios para completar las fases de un determinado cultivo, por tanto, el productor con el apoyo del técnico puede comenzar a hacerlo en su siguiente ciclo. Para facilitar su uso, se puede usar los valores de un cultivo de su misma familia botánica.” (p. 1)

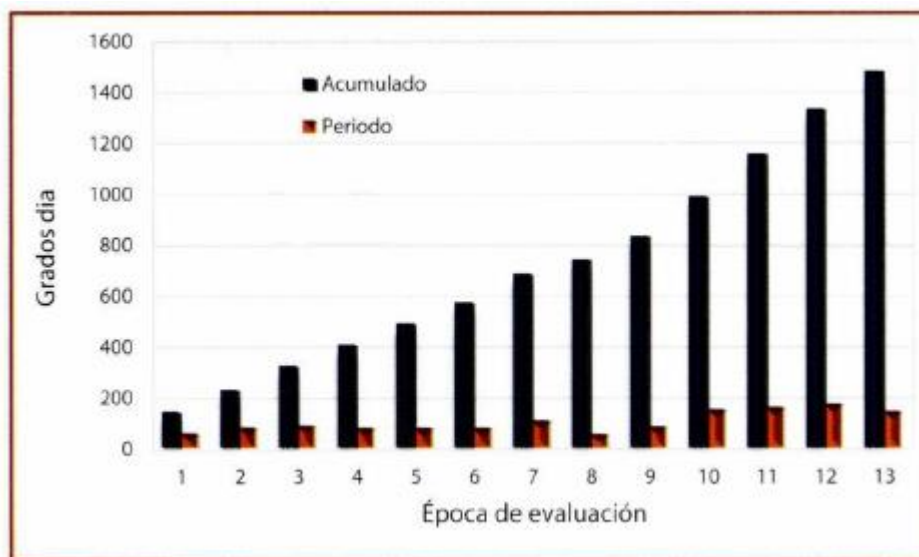
### El tiempo fisiológico

[...] “Con la agricultura de precisión se ha impulsado una nueva forma de evaluar el desarrollo de los cultivos, pasando de una evaluación empírica a una **evaluación cuantitativa**. La evaluación empírica es cuando se define el crecimiento en función de los eventos fenológicos del cultivo: germinación, emergencia, desarrollo vegetativo, floración, fructificación, cosecha y senescencia. La evaluación cuantitativa es cuando se mide el crecimiento en términos de la acumulación de la materia o peso seco de los órganos de la planta.

Otro concepto que se ha incorporado es la forma de evaluar el tiempo, pasando de usar el tiempo cronológico (días) al tiempo **fisiológico**, pues el tiempo cronológico se ve influenciado por todas las variables ambientales; mientras que el tiempo fisiológico, expresado en Grados Día (GD), es determinado por la temperatura, ya que esta variable controla la velocidad de las reacciones bioquímicas.” (p. 2)

En la *Figura 6*, se muestra la gráfica de representación del cálculo del modelo Grados Día Acumulado en días:

*Figura 6: Gráfica de Grados Día y del Grados Día Acumulados*



Nota: Ambientes Protegidos. ProNAP 2015

## Fenología del Lirio (*Lilium Spp.*)

De acuerdo con Morales & Arbeláez (2015):

Los lirios ocupan el quinto lugar entre las flores más vendidas en el mundo, la importancia de este género en el mercado de flores es en gran parte debido a la diversidad de las especies y el gran número de híbridos disponibles en el mercado. Es una de las flores mejor cotizadas en mercados internacionales, a pesar del alto costo al que se adquieren los bulbos (semilla), con el transcurrir de los años se ha visto reflejado el aumento de la superficie cultivada, por lo que se han generado alternativas para la producción de bulbos, mediante tratamientos de temperatura secuencial o la reutilización de bulbos a través de la vernalización (no tan aconsejable por experiencias de algunos productores), que ya se ha utilizado en algunos países como Chile, con el fin de bajar costos en el establecimiento del cultivo. (p. 45)

Generalidades del cultivo de lirios

Según Heimberger (2004), citado por Morales & Arbeláez (2015), se menciona que:

Los lirios (*Lilium spp.*) son una planta herbácea bienal con bulbos escamosos, conocida también con el nombre vulgar de azucena híbrida. Este género comprende unas 100 especies distribuidas en las regiones templadas del hemisferio boreal, una docena de ellas son originarias de Europa (zonas del este del Mediterráneo) y dos de América del Norte (EE. UU. y Canadá), mientras que entre 50 y 60 especies se encuentran en Asia (India, China, Filipinas y Japón). Presentan variados colores que incluyen el blanco, anaranjado, rosado y amarillo, y en la parte comercial de este cultivo es muy común que se realicen cruces para obtener diferentes tonalidades de colores. Desprende una fragancia fuerte, más intensa en las horas de la noche. Esta flor pertenece a la familia Liliaceae y al género *Lilium*, con tres subgéneros: *Cardiocrinum*, *Eulirion* y *Liliocharis*. Un gran número de las especies del género *Lilium*, las cuales son aproximadamente cien, se cultivan para flor de corte, otras son plantadas en maceta y otras son sembradas en jardines, comúnmente los híbridos entre *longiflorum*/asiáticos y los lirios orientales. Su oferta abarca un gran número de variaciones en color y forma de la flor, muy apetecidos por los clientes.

Adicionalmente, De Hertogh (1996), citado por Morales & Arbeláez (2015), menciona:

La importancia de este género en el mercado mundial de flores se debe en gran parte a la diversidad de las especies y el gran número de híbridos disponibles en el mercado. Durante el desarrollo del cultivo de lirios se pueden identificar tres fases: el joven, el adulto vegetativo y la fase de floración. Los bulbillos juveniles brotan con una o unas cuantas hojas, mientras que bulbillos adultos vegetativos brotan con un tallo con entrenudos alargados (Langens, De Klerk, y Croes, 2003) three phases can be distinguished: the juvenile, the vegetative adult and the flowering phase. Juvenile bulblets sprout with one or a few leaves whereas vegetative adult bulblets sprout with a stem with elongated internodes. The transition to the vegetative adult phase was studied in lily (*Lilium* × cv. Star Gazer). (p. 47)

#### Propagación y siembra del cultivo

En general, y de acuerdo con Prisa *et al.* (2013), citado por Morales & Arbeláez (2015). “La mayoría de las especies de lirios requieren una fase a bajas temperaturas para acelerar la emergencia de brotes y posteriormente la floración, llamada también vernalización. Este es un proceso fisiológico que se lleva a cabo en el estado planta joven, para dar la habilidad posterior a la germinación o, en el desarrollo vegetativo de la planta, para florecer o acelerar este proceso, mediante la utilización de un tratamiento con frío. Esto trae como ventajas la rapidez y la uniformidad en la floración.” (p. 50)

De acuerdo con Bernier *et al.* (2013), citado por Morales & Arbeláez (2015):

[...] El proceso de vernalización óptimo, respecto al rango de tiempos y temperaturas utilizados, difiere entre los lirios orientales, asiáticos, longiflorum y sus híbridos. Normalmente el periodo de vernalización suele requerir más de 6 semanas y un rango de temperaturas de  $-2^{\circ}\text{C}$  a  $14^{\circ}\text{C}$  para la parte comercial, y de esta forma se garantiza un material que florecerá en tiempos óptimos. Sin embargo, unas pocas semanas pueden estimular la floración en los lirios, teniendo en cuenta que entre más largo sea el tiempo al que se someta a vernalización el material vegetal (bulbos o plantas jóvenes) se puede adelantar aún más la floración, hasta que el punto de respuesta sea saturado. (p. 50)

Continuando con lo anterior Morales & Arbeláez (2015), mencionan que:

[...] Los bulbos se pueden plantar en cualquier época del año estableciendo unas adecuaciones apropiadas para el cultivo, por este motivo a los bulbos se les realizan unos tratamientos térmicos de cultivo que se emplean para mantener el material vegetal apto para la siembra sin bajar la calidad de la flor. Los bulbos asiáticos se someten en cámara de 2 a 5 °C durante 6 a 8 semanas y congelado de -1 a -2 °C hasta la plantación, y los otros grupos de bulbos se ponen en cámara de 1 a 2 °C durante 8 a 10 semanas y congelado de -1 a -2 °C hasta la plantación (Bonnier, Jansen y van Tuyl, 1997; Francescangeli y Pagliaricci, 2007; Larson, 2013). Para la comercialización, los calibres ideales de los bulbos oscilan entre 10 y 18 centímetros de circunferencia. (p. 51)

### Morfología del Lirio

De Acuerdo con la información publicada en la revista Infoagro.com (2019):

Son plantas herbáceas y perennes que presentan bulbos escamosos, cuyas escamas protegen al meristemo apical. Y se compone de:

- Bulbo: El bulbo es escamoso, formado por hojas modificadas que se agrupan en un disco basal. Dichas hojas son gruesas, de forma triangular, normalmente de color blanco, cuya función es almacenar sustancias de reserva y agua. Existen hojas externas e internas, siendo las internas las que se hayan rodeando al brote nuevo.

- Sistema radicular: El sistema radicular presenta raíces adventicias y de tipo basal. Las raíces basales principales surgen del disco basal y son carnosas. La función principal de éstas es la nutrición de la planta, especialmente en la primera fase de desarrollo. Las raíces adventicias aparecen por encima del bulbo, complementando la función de las raíces basales.

- Tallo: En el disco basal existe una yema rodeada de escamas, desde la cual brota el tallo. Durante el ciclo de cultivo se forma una nueva yema que dará lugar a la floración del año siguiente.

- Hojas: Las hojas son lanceoladas u ovalo-lanceoladas con dimensiones variables (10-15cm de largo y 1-3cm de ancho) según el tipo. En ocasiones son verticiladas, sésiles

o pecioladas y, normalmente, las basales, pubescentes o glabras, dependiendo igualmente del tipo. Son paralelinervias en el sentido de su eje longitudinal y de color generalmente verde intenso.

- Flores: Se sitúan en el extremo del tallo y son de tamaño grande o muy grande. Sus sépalos y pétalos constituyen un periantio de seis tépalos desplegados o curvados por lo que la flor tiene apariencia de trompeta, turbante o cáliz. Pueden ser erectas o colgantes. En cuanto al color, existe una amplia gama, predominando el blanco, rosa, rojo, amarillo y combinaciones entre éstos.

- Fruto: Es una cápsula trilocular, con dehiscencia loculicida (producida por la nervadura media de la hoja carpelar) independiente, que está provista de numerosas semillas (en torno a 200). La semilla es generalmente plana y alada. (pp. 2-6)

#### Requerimientos Edafoclimáticos

Con respecto a estos requerimientos Infoagro.com (2019) menciona:

Al existir una amplia gama de especies y cultivares, los requerimientos del cultivo son diferentes.

- Temperatura: Durante el desarrollo del sistema radicular, el rango óptimo de temperatura oscila entre 9-14°C.

Para el desarrollo de híbridos asiáticos, la temperatura debe oscilar entre 14-17°C, siendo el rango óptimo de 20-25°C durante el día y de 8-10°C durante la noche.

Para el desarrollo de híbridos orientales, se debe mantener constante la temperatura (15-17°C pudiendo llegar hasta los 25°C). Temperaturas inferiores a los 15°C causando amarilleamiento y caída de hojas.

Para el desarrollo de híbridos de *Lilium longiflorum*, el rango óptimo de temperaturas oscila entre 14-16°C, pudiendo llegar hasta los 22°C. Temperaturas inferiores a los 14°C pueden ocasionar grietas en los pétalos. (p. 7)

La temperatura, junto con la luminosidad, tiene un efecto determinante en el rendimiento del cultivo. Temperaturas elevadas, junto a una baja intensidad lumínica, dan lugar a un porcentaje elevado de tallos sin botones florales. El lirio también es

sensible a temperaturas de suelo elevadas, fundamentalmente en las primeras fases de cultivo, ya que el proceso de formación de la flor se inicia desde la plantación. El rango óptimo de temperatura de suelo oscila entre 10-15°C. Si la temperatura del suelo es elevada pueden aparecer deformaciones en las flores, tallos de longitudes cortas y quemaduras en las hojas. Éstas también dificultan el desarrollo de raicillas en el tallo y las hace más sensibles a enfermedades.

Para amortiguar estos efectos negativos se recomienda:

- Iluminación de apoyo para momentos críticos.
- Recubrimiento del suelo con materiales aislantes (turba, paja, corteza de pino, etc.) para evitar excesos de temperatura en el suelo.
- Sombreado del cultivo en épocas muy luminosas hasta el inicio de la formación de los botones florales. Se pueden emplear mallas de sombreado del 50% hasta que el cultivo alcance los 25-40 cm.
- Aspersiones mojando bien las plantas.
- Luz: La luz es un factor determinante en la producción del lirio. Esta planta presenta un fotoperiodo largo, por lo que en plantaciones invernales es conveniente la aplicación de luz artificial. La aplicación de ésta debe ser aproximadamente de 2000-3000 lux durante 6 horas y por la noche, aunque para variedades asiáticas se puede aplicar al atardecer o al amanecer. La época adecuada para aplicar dicha iluminación es desde que las yemas florales se forman hasta la floración como tal (aproximadamente 3-4 semanas). La falta de luz puede provocar un porcentaje alto de abortos florales. Por el contrario, un exceso de luz puede causar clorosis en la planta y dar lugar a tallos demasiados cortos en cultivares de poco crecimiento. El momento crítico de presencia de luz es cuando comienzan a formarse los botones florales. Una escasa iluminación en esta época (fin de otoño y principio de invierno), puede originar en algunos cultivares la pérdida de floración. Las variedades asiáticas son las más susceptibles a la falta de luz. Un déficit de ésta provoca la caída de botones florales, aunque las consecuencias son diferencias en función de la variedad. Por otro lado, los híbridos orientales son los menos susceptibles a la falta de luz. (p. 8)

### Medición del Botón

Para poder obtener datos confiables y exactos de los tamaños en centímetros del largo de un botón, es muy importante conocer una serie de detalles relacionados con la técnica adecuada para realizar estas mediciones.

De acuerdo con Diego Giraldo (entrevista personal, 26 octubre del 2019), uno de los detalles más importantes, para tomar en cuenta, es que, no se miden todos los botones de un tallo, se mide únicamente el botón que define la edad de la planta, y en este caso es el primer botón que se distingue de abajo hacia arriba en el tallo de la planta.

En la Figura 7 podemos observar la imagen de un tallo de lirio y se ve claramente el botón que se debe seleccionar para realizar la medición, que para los efectos debe ser el primero de la parte inferior del tallo hacia la parte superior de este.

*Figura 7: Botón principal - Define la edad de la planta.*



Nota: Ávila, Alejandra (Foto – Tallo Lirio Oriental)

### Técnica de medición del botón

Según Diego Giraldo (entrevista personal, 26 octubre del 2019), el botón se debe tomar de la base y medir con el calibrador o pie de rey, tomando la base inferior del botón hasta la su corona o parte superior del botón. Sin empujar o maltratarlo excesivamente ya que se corre el riesgo de dañar la plata. Esto se ve más claro en la Figura 8:

*Figura 8: Botón Lirio (Lilium Spp)*



Nota: Ávila, Alejandra (Foto – Botón Lirio Oriental)

## **Tipos de Invernaderos**

Según Infoagro.com (2019), un invernadero es toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas. Dentro del campo de la floricultura tenemos, en el mercado, al menos ocho tipos de invernaderos utilizados para este fin, sin embargo, los cinco más comunes son:

1. Invernadero asimétrico o inacral: Difiere del tipo de raspa y amagado en el aumento de la superficie en la cara expuesta al sur, con objeto de aumentar su capacidad de captación de la radiación solar. Para ello el invernadero se orienta en sentido este - oeste, paralelo al recorrido aparente del sol. La inclinación de la cubierta debe ser aquella que permita que la radiación solar incida perpendicularmente sobre la cubierta al mediodía solar durante el solsticio de invierno, época en la que el sol alcanza su punto más bajo. Este ángulo deberá ser próximo a  $60^\circ$  pero ocasiona grandes inconvenientes por la inestabilidad de la estructura a los fuertes vientos. Por ello se han tomado ángulo comprendidos entre los  $8$  y  $11^\circ$  en la cara sur y entre los  $18$  y  $30^\circ$  en la cara norte. (Infoagro.com, 2019)
2. Invernadero de capilla: Los invernaderos de capilla simple tienen la techumbre formando uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas. Este tipo de invernadero se utiliza bastante, destacando las siguientes ventajas:
  - Es de fácil construcción y de fácil conservación.
  - Es muy aceptable para la colocación de todo tipo de plástico en la cubierta.
  - La ventilación vertical en paredes es muy fácil y se puede hacer de grandes superficies, con mecanización sencilla. También resulta fácil la instalación de ventanas cenitales.
  - Tiene grandes facilidades para evacuar el agua de lluvia.
  - Permite la unión de varias naves en batería.

La anchura que suele darse a estos invernaderos es de 12 a 16 metros. La altura en cumbre está comprendida. Si la inclinación de los planos de la techumbre es mayor a  $25^\circ$  no ofrecen inconvenientes en la evacuación del agua de lluvia. La ventilación es por ventanas frontales y laterales. (Infoagro.com, 2019)

3. Invernadero de doble capilla: Los invernaderos de doble capilla están formados por dos naves yuxtapuestas. Su ventilación es mejor que en otros tipos de invernadero, debido a la ventilación cenital que tienen en cumbrera de los dos escalones que forma. Este tipo de invernadero no está muy extendido debido a que su construcción es más dificultosa y cara que el tipo de invernadero capilla simple a dos aguas. la yuxtaposición de las dos naves; estas aberturas de ventilación suelen permanecer abiertas constantemente y suele ponerse en ellas malla mosquitera. Además, también poseen ventilación vertical en las paredes frontales y laterales. (Infoagro.com, 2019)
4. Invernadero túnel o semicilíndrico: Se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo por su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación al ser estructuras prefabricadas. (Infoagro.com, 2019)
5. Invernaderos de cristal o tipo venlo: Este tipo de invernadero, también llamado Venlo, es de estructura metálica prefabricada con cubierta de vidrio y se emplean generalmente en el Norte de Europa. El techo de este invernadero industrial está formado por paneles de vidrio que descansan sobre los canales de recogida de pluviales y sobre un conjunto de barras transversales. La anchura de cada módulo es de 3,2 m. Desde los canales hasta la cumbrera hay un solo panel de vidrio de una longitud de 1,65 m y anchura que varía desde 0,75 m hasta 1,6 m. La separación entre columnas en la dirección paralela a las canales es de 3 m. En sentido transversal están separadas 3,2 m si hay una línea de columnas debajo de cada canal, o 6,4 m si se construye algún tipo de viga en celosía. (Infoagro.com, 2019)

### **El Efecto borde en la cama de siembra**

De acuerdo con Carlos Méndez (comunicación personal, 28 agosto del 2019), “EL efecto de borde es el fenómeno que se presenta en los bordes de la cama de siembra de cualquier cultivo. En palabras técnicas, implica que, los individuos ubicados en las zonas de los bordes no experimentan competencia entre sí, y por tal motivo, los datos de crecimiento que se obtienen de estos pueden generar diferencias que no son deseadas a la hora de analizar los datos.

El perímetro o zona se determina tomando 10 cm de la orilla de la cama hacia el interior de esta, por lo que, para definir la zona de muestreo adecuado, es necesario toma el interior de la cama descartando la zona definida como “borde”.

#### Cama de siembra

La cama de siembra es la zona o espacio de terreno definido dentro del invernadero, donde se plantan los bulbos de lirios (*Lilium S.p*). La densidad o cantidad de bulbos sembrados por metro cuadrado, es determinado por el calibre de este, este calibre es la medida de la circunferencia del bulbo determinada en centímetros.

#### Densidad de siembra y calibre del bulbo

Por tanto, y a manera de ejemplo, un bulbo calibre 12/14 (implica que su circunferencia mide entre 12 a 14 centímetros), este detalle es de suma importancia a la hora de realizar la siembra, ya que, para un calibre específico, los individuos por metro cuadrado deben ser entre 50 a 60 bulbos, no más. Lo anterior, debido a que, durante la germinación y el crecimiento de estos, necesitan un determinado espacio para poder desarrollarse adecuadamente, de lo contrario, algunos pueden morir por la falta de este.

Además de las premisas mencionadas y según la metodología Seis Sigma, la estructura de investigación de este proyecto se fundamenta bajo el concepto DMAIC.

Según Acuña (2012), para la metodología Seis Sigma, uno de los conceptos más aplicados es el de DMAIC, D: definir, M: medir, A: analizar, I: *improve* que en español se traduce como mejorar y la C: controlar. La etapa de Definir es refinar el entendimiento del problema a solucionar y define las expectativas del cliente. Los elementos incluyen un enunciado específico del problema a resolver, que enumeren la localización y ocurrencia de los mismos, así como el alcance del problema. (pp. 792-796)

Definir incluye identificar las variables, así como los factores que tienen influencia sobre estas, es de suma importancia identificar el problema correcto, determinar el alcance del proyecto y los objetivos; cuantificar el problema, identificar los indicadores y las fuentes de medición potenciales, así también los atributos negativos y el desempeño actual, además de la afectación al cliente. (Acuña, 2012) (pp. 792-796)

La etapa de Medir consiste en caracterizar el proceso, identificar los requisitos de los clientes, las características del producto y los parámetros que afectan al proceso y las características y variables clave. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso. Al medir se establecen técnicas para la recolección de datos sobre el desempeño actual y qué tan bien se cumplen las expectativas. Al finalizar se contará con un sistema de medición que valide esta obtención de los datos. (Acuña, 2012) (pp. 792-796)

En la etapa de Análisis el equipo evalúa los resultados obtenidos, con otros actuales e históricos; se realizan posibles relaciones causa efecto, utilizando las herramientas estadísticas pertinentes; de esta forma el equipo confirma los determinantes del proceso, permitiendo establecer las oportunidades de mejora, al tener más claro por qué, cuándo y cómo ocurren los defectos, seleccionando las herramientas de análisis más adecuadas, planteando como resultado final las soluciones. Acuña (2012) (pp. 792-796)

En la siguiente etapa, la de mejora (*improve*) se trata de determinar la causa-efecto, para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. En esta etapa se desarrollan, implementan y validan las alternativas de mejora del proceso, mediante una lluvia de ideas para generar alternativas de mejora, probando las soluciones propuestas, validando la mejora. Con esto viene la creación de un nuevo mapa de proceso para ilustrar el flujo nuevo, seguida de un análisis costo beneficio. Esta etapa entrega soluciones al problema, su validación y planes de implementación. (Acuña, 2012, pp. 792-796)

La etapa de Control diseña y documenta lo pertinente y necesario para asegurar lo conseguido durante el proyecto. El control aplica las mejoras del proceso, monitoriza el desempeño, mediante una estrategia de control basada en resultados; se incorpora cronológicamente y se establece un plan de capacitación para documentar cambios y mejoras. (Acuña, 2012, pp. 792-796)

Para poder tener una visión más clara del problema por analizar, se hará uso de otras herramientas, las cuales se detallan a continuación.

## Kaizen

De acuerdo con Alukal, G. & Manos (2006), citado por Giraldo Betancur (2016), definen kaizen como “la combinación de dos palabras japonesas (Kai+Zen), literalmente significa cambio para mejorar. Este se ha traducido libremente como mejoramiento continuo”. Siguiendo con esta idea Berger (1997), también citado por Giraldo Betancur (2016), menciona que: “Kaizen se distingue por su enfoque en pequeñas mejoras de las normas de trabajo como resultado de un esfuerzo continuo”. Y enfatiza que estos cambios se realizan de manera gradual, paso a paso, pero siempre en busca de una meta final. (Cfr. p. 26)

## Diagrama de Pareto

Gutiérrez (2014), se refiere al diagrama de Pareto como un gráfico especial de barras, cuyo espacio de análisis o aplicación corresponden a las variables o datos categóricos, su objetivo es ayudar a determinar el o los problemas, así como las causas más importantes. Este diagrama se sustenta bajo el principio de la ley Pareto u 80-20, donde refiere que el 20% de las causas totales origina el 80% de los efectos. De la totalidad de problemas solo unos pocos son los realmente importantes (pp. 193-195)

Además, Gutiérrez (2014) indica que el uso de estos diagramas contribuye a seleccionar el problema más importante que se debe atacar, sin importar el tipo de problemas que enfrentemos, por ejemplo, de calidad, eficiencia, seguridad, etc. Otra de las ventajas es que nos permite una evaluación objetiva, con el mismo diagrama, las mejoras logradas con el proyecto. La aplicación de este diagrama y la estratificación permite profundizar en el pensamiento estadístico y utilizar datos para la toma de decisiones en diferentes áreas de la organización lo que permite superar la subjetividad. (pp. 193-195)

Dentro de las características que componen un buen diagrama se menciona que la clasificación por categorías del eje horizontal podría abarcar variables diferentes, mientras que el vertical izquierdo representa unidades de medida que den una idea clara de la contribución de cada categoría; el eje vertical derecho, brinda la representación de una escala de porcentajes para que se pueda evaluar lo importante de cada categoría. La línea acumulativa representa la acumulación de porcentajes de las categorías, recomendándose agrupar las diferentes categorías, desde las que no representan más importancia. Gutiérrez (2014) (pp. 193-195).

Siguiendo con Acuña (2012), este también menciona que el gráfico de Pareto contribuirá a ordenar las características obtenidas anteriormente, para saber cuál es la que está afectando más a los resultados deseados. Para la clasificación, se toman en cuenta cuatro definiciones, estas son:

**Característica de calidad crítica (A):** esta característica puede provocar la pérdida de vidas, el daño a la propiedad privada o hacer que el producto no cumpla con la función para lo que fue creado. Necesita ser totalmente eliminada.

**Característica de calidad principal o mayor (B):** hace que el producto deje de cumplir con la función intentada si cae fuera de los límites establecidos anteriormente. El cliente suele quejarse mucho por esta falla.

**Característica de calidad menor (C):** hace que el producto tenga fallas de poca importancia. No tiene gran impacto y, por ende, presenta pocas quejas.

**Característica de calidad incidental o irrelevante (D):** su falla no causa problemas importantes y muchas veces pasa desapercibida.

De lo anterior se infiere la regla del 80-20, la cual dice que si atacamos el 20% de los problemas generados por situaciones críticas (A), se obtendrá un beneficio de 80%, es ahí donde radica la importancia de que con el trabajo se determine las verdaderas críticas que están afectando el desempeño actual. (Acuña, 2012, p. 212).

De lo citado anteriormente se obtienen los procedimientos que se deben seguir para realizar esta clasificación, estos se detallan a continuación:

1. Crear una lista de las características de calidad que se dieron en el diagrama de Ishikawa.
2. Tomar datos de un registro o una muestra de producto terminado o de producto en proceso de tamaño ya calculado probabilísticamente con anterioridad y cuantificar la frecuencia de fallas.
3. Otorgar un peso ( $w$ ) a cada característica después de un análisis de criticidad y ubicarla dentro de una de las cuatro categorías citadas anteriormente. La escala más utilizada es la de Dodge-Torrey, que utiliza los pesos: 100, 75, 50, 25.
4. Se multiplica la frecuencia anotada en el paso 2 y se le multiplica el peso asignado anteriormente.

5. Sumar todos los resultados del paso anterior y obtener el total.
6. Se calcula el porcentaje de cada característica dividiendo el valor de cada uno de los resultados por separado entre el resultado total.
7. Se crea un cuadro con el listado de características de calidad ordenadas de mayor a menor con base en el porcentaje calculado anteriormente.
8. Se calcula el porcentaje acumulado.
9. Se efectúa el corte al 80% y asigna a cada característica, en el intervalo de 0 a 80% y su calificación correspondiente por la letra.
10. Se construye el eje x con escala indiferente, pero de igual ancho para cada característica de calidad y el eje y con una escala de 0 a 100 que representará el porcentaje.
11. Se dibuja el rectángulo correspondiente a cada característica de altura que indique la misma.
12. Se dibuja el acumulado.
13. Se localiza en el eje los valores 80%, 95% y 98% y se buscan en el eje x las características que corresponden, que vendrían siendo las de prioridad. (Acuña, 2012, p. 213, citado por Valverde, 2019, pp. 39-40)

#### Diagrama causa-efecto

Según lo detallado por Gutiérrez (2014), una vez que está claro, definido, determinado donde se presenta un problema importante, es momento de investigar sus causas. Siendo la herramienta utilizada el diagrama de causa-efecto o de Ishikawa, un método gráfico que permite representar y, por ende, analizar la relación entre un problema o efecto y sus posibles causas. Existen tres tipos básicos de diagramas de Ishikawa, dependiendo de cómo se organizan las causas: 6 M, flujo de procesos y enumeración de causas.

El método más común es el de la construcción de las 6M y consiste en agrupar en: métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Dentro de las ventajas están que permite conocer o aprender más del proceso o la situación; motiva al trabajo en equipo; las causas del problema se buscan activamente y los resultados quedan plasmados en el diagrama y puede, entre otras, aplicarse secuencialmente hasta llegar a las causas de fondo.

Dentro de la mano de obra se puede considerar: conocimiento, entrenamiento, habilidad y capacidad; para los métodos se valora: estandarización, excepciones y definición de operaciones; para máquinas o equipos: capacidad, condiciones de operación, diferencias, herramientas, ajustes y mantenimiento; material: variabilidad, cambios, proveedores y tipos; disponibilidad, definiciones, tamaño de muestra, respetabilidad, reproducibilidad y calibración o sesgo para las mediciones; ciclos y temperatura para medio ambiente. (Gutiérrez, 2014, pp. 206-212)

Dentro de las desventajas que se mencionan están que en una sola rama se identifican demasiadas causas potenciales, tiende a concentrarse en pequeños detalles y no es ilustrativo para los que no conocen el proceso en cuestión. (Gutiérrez, 2014, pp. 206-212)

El método de flujo de proceso, la línea principal del diagrama de Ishikawa sigue la secuencia normal del proceso en la que se da el problema analizado. Se anotan las principales etapas, y los factores, o aspectos que puedan influir en el problema, se agregan según la etapa en que intervienen. Este método permite explorar formas alternativas de trabajo, detectar cuellos de botella, descubrir problemas ocultos, entre otros. (Gutiérrez, 2014, pp. 206-212)

Dentro de las ventajas que ofrece están: obliga a preparar el diagrama de flujo de proceso, se considera el proceso completo como una causa potencial del problema, identifica procedimientos alternativos de trabajo; y, dentro de las desventajas, es fácil no detectar las causas potenciales, difícil de usarlo por mucho tiempo y algunas causas potenciales pueden aparecer muchas veces. (Gutiérrez, 2014, pp. 206-212)

La estratificación o enumeración de causas va directo a las principales causas potenciales, realizado a través de lluvia de ideas y no necesariamente por las 6M, esto con la intención de atacar causas reales teniendo que preguntarse varias veces el porqué del problema, priorizando la búsqueda de las causas. (Gutiérrez, 2014, pp. 206-212)

De acuerdo con Acuña (2012), citado por Valverde (2019), a la hora de enlistar las características, se toman en consideración los siguientes aspectos:

- Recurso humano: conocimiento, habilidades, capacitación, responsabilidades, eficiencia, aptitudes, actitudes, motivación, educación y conciencia de la calidad. -
- Métodos: estándares, procedimiento, condiciones especiales, ergonomía, simplificación de trabajo, especificaciones y consideraciones del diseño. -

Tecnología: capacidad de calidad, condiciones de operación, mantenimiento, capacidad tecnológica, herramientas, ajustes y precisión. - Material: variabilidad, cambios de material, tecnología del material, proveedores, tipos, cuidados, almacenaje y transporte. - Medio ambiente: iluminación, ventilación, temperatura, niveles de ruido y contaminación ambiental. - Administración: programas de muestreo, organización de la inspección, programas de incentivos, asignación de cargas de trabajo, turnos de trabajo, estilo de dirección y liderazgo. - Capital de trabajo: disponibilidad, requerimientos, costos de calidad, inversión, fuentes de financiamiento.

- Mercado: identificación de nichos, impacto, clientes, ubicación geográfica, competencia y publicidad. (p. 210). (Citado por Valverde, 2019, pp. 41-42)

#### Diagrama de Gantt

Handl (2014) lo define como una herramienta que se utiliza para planificar y programar tareas en un período de tiempo determinado, gracias a una fácil y cómoda visualización de las acciones a realizar, permitiendo hacer el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas de un proyecto. Reproduce las tareas de manera gráfica, su duración y frecuencia, además el calendario general y su fecha de finalización. (p. 3).

En la gestión de proyectos muestra el origen y finalización de las secciones y tareas o dependencias entre las unidades o secciones mínimas de trabajo. Básicamente el diagrama está compuesto por un eje vertical donde se establecen las actividades a ejecutar y el horizontal muestra un calendario de la duración de cada una de las etapas. Al avanzar el proyecto se completan las actividades, el avance se visualiza mediante el sombreado de las barras; periódicamente estos diagramas se actualizan y se distribuyen a todas las personas que integran el proyecto (Handl, 2014, p. 4).

De acuerdo con Handl (2014), para elaborar un diagrama de Gantt es importante comprender la naturaleza del proyecto, conocer todas las actividades que involucran y su relación entre ellas. Es imprescindible reunir toda la información del plan y los recursos; los plazos y tiempos de cada tarea o fase. Programar las tareas a realizar para ajustar bien los plazos, procesos y eliminar tiempos muertos (p. 5).

Dentro de las ventajas que se cuentan con la herramienta de Gantt, es que se obtiene una imagen sencilla de algo de cierta complejidad, facilitando la comprensión de todo el proceso; ayuda a organizar ideas, facilita la consecución de los objetivos, a la vez que se observa su posible complejidad, permitiendo visualizar todas sus partes. También permite establecer plazos realistas, indicando en qué período se va a completar la tarea o conjunto de tareas, con una perspectiva de tiempo adecuada y útil para lograr los objetivos (Handl, 2014, pp. 6-7).

En la Figura 9, se muestra un ejemplo de Diagrama de Gantt:

Figura 9: Diagrama de Gantt

ACTIVIDADES	TIEMPO DE DURACION.												
	ABRIL				MAYO				JUNIO				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Programar jornadas de alfabetización tecnológica a usuarios.	■	■											
Verificar el estado de los equipos informáticos.		■	■										
Gestionar recursos para el mantenimiento y reparación de las P.C.				■									
Realizar mantenimiento a las P.C.					■	■	■						
Facilitar talleres a usuarios tecnológicos de la Institución.								■	■	■			
Jornada de cierre de proyecto en la Institución.												■	■

Nota: Google página web

Además de lo mencionado en los párrafos precedentes, es también fundamental basar el estudio en teoría estadística que permita analizar los resultados de los datos estudiados, para diseñar un modelo que permita crear estimaciones de cosecha confiables.

En conjunto a esto, la implementación de modelos de diseño de experimentos permite identificar los fenómenos o variables no controlables y controlables que se deben tomar en cuenta para el diseño del modelo.

Seguidamente se hará referencia a los conceptos que serán tomados como base para la investigación.

## **Inferencia Estadística**

“El objetivo de la inferencia estadística es hacer afirmaciones válidas acerca de la población o proceso con base en la información contenida en una muestra. Estas afirmaciones tienen por objetivo coadyuvar en la toma de decisiones. La inferencia estadística por lo general se divide en estimación y prueba de hipótesis, y se apoya en cantidades o datos estadísticos calculados a partir de las observaciones en la muestra”. (Lind, Marchal & Wathen, 2012, p.10)

## **Diseño de Experimentos**

De acuerdo con Gutiérrez y De la Vara (2008), el diseño estadístico de experimentos es precisamente la forma más eficaz de hacer pruebas; determinando cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras. Cuando se quiere mejorar un proceso existen dos maneras básicas de obtener la información necesaria para ello. Una es observar o monitorear vía herramientas estadísticas, hasta obtener señales útiles que permitan mejorarlo; se dice que ésta es una estrategia pasiva.

La otra manera consiste en experimentar, es decir, hacer cambios estratégicos y deliberados al proceso para provocar dichas señales útiles. Algunos problemas típicos que pueden resolverse con el diseño y el análisis de experimentos son los siguientes:

1. Comparar a dos o más materiales con el fin de elegir al que mejor cumple los requerimientos.
2. Comparar varios instrumentos de medición para verificar si trabajan con la misma precisión y exactitud.
3. Determinar los factores de un proceso que tienen impacto sobre una o más características del producto final.
4. Encontrar las condiciones de operación (temperatura, velocidad, humedad, por ejemplo) donde se reduzcan los defectos o se logre un mejor desempeño del proceso.
5. Reducir el tiempo de ciclo del proceso.
6. Hacer el proceso insensible o robusto a oscilaciones de variables ambientales.
7. Apoyar el diseño o rediseño de nuevos productos o procesos.

## 8. Ayudar a conocer y caracterizar nuevos materiales.

El diseño de experimentos es la aplicación del método científico para generar conocimiento acerca de un sistema o proceso, por medio de pruebas planeadas adecuadamente. Esta metodología se ha ido consolidando como un conjunto de técnicas estadísticas y de ingeniería, que permiten entender mejores situaciones complejas de relación causa-efecto. (pp. 4-5)

De acuerdo con Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar (2008, p. 7), un experimento es un cambio en las condiciones de operación de un sistema o proceso, que se hace con el objetivo de medir el efecto del cambio sobre una o varias propiedades del producto o resultado. Asimismo, el experimento permite aumentar el conocimiento acerca del sistema. Por ejemplo, en un proceso químico se pueden probar diferentes temperaturas y presiones, y medir el cambio observado en el rendimiento (yield, ppm, defectivo) del proceso. Al analizar los efectos (datos) se obtiene conocimiento acerca del proceso químico, lo cual permite mejorar su desempeño. La unidad experimental es la pieza(s) o muestra(s) que se utiliza para generar un valor que sea representativo del resultado del experimento o prueba. En cada diseño de experimentos es importante definir de manera cuidadosa la unidad experimental.

En todo proceso intervienen distintos tipos de variables o factores:

Variable(s) de respuesta.

A través de esta(s) variable(s) se conoce el efecto o los resultados de cada prueba experimental, por lo que pueden ser características de la calidad de un producto y/o variables que miden el desempeño de un proceso. El objetivo de muchos estudios experimentales es encontrar la forma de mejorar la(s) variable(s) de respuesta. Por lo general, estas variables se denotan con la letra *y*. (p. 7)

Factores controlables.

Son variables de proceso o características de los materiales experimentales que se pueden fijar en un nivel dado. Algunos de estos son los que usualmente se controlan durante la operación normal del proceso, y se distinguen porque, para cada uno de ellos, existe la manera o el mecanismo para cambiar o manipular su nivel de operación. Esto último es lo que hace posible que se pueda experimentar con ellos. Por ejemplo, si en el proceso se usa agua a 60°C entonces debe existir un mecanismo que permita fijar la temperatura del agua dentro de un rango de

operación. Algunos factores o características que generalmente se controlan son: temperatura, tiempo de residencia, cantidad de cierto reactivo, tipo de reactivo, método de operación, velocidad, presión, etc. A los factores controlables también se les llama variables de entrada, condiciones de proceso, variables de diseño, parámetros del proceso, las  $x$  de un proceso o simplemente factores. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 8)

Factores no controlables o de ruido.

Son variables o características de materiales y métodos que no se pueden controlar durante el experimento o la operación normal del proceso. Por ejemplo, algunos factores que suelen ser no controlables son las variables ambientales (luz, humedad, temperatura, partículas, ruido, etc.), el ánimo de los operadores, la calidad del material que se recibe del proveedor (interno o externo). Un factor que ahora es no controlable puede convertirse en controlable cuando se cuenta con el mecanismo o la tecnología para ello. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 8)

Factores estudiados.

Son las variables que se investigan en el experimento, respecto de cómo influyen o afectan a la(s) variable(s) de respuesta. Los factores estudiados pueden ser controlables o no controlables, a estos últimos quizá fue posible y de interés controlarlos durante el experimento. Para que un factor pueda ser estudiado es necesario que durante el experimento se haya probado en, al menos, dos niveles o condiciones. En principio, cualquier factor, sea controlable o no, puede tener alguna influencia en la variable de respuesta que se refleja en su media o en su variabilidad. Para fines de un diseño de experimentos deben seleccionarse los factores que se consideran, por conocimiento del objeto de estudio, que pueden tener efecto sobre la respuesta de interés. Obviamente, si se decide o interesa estudiar el efecto de un factor no controlable, parte de la problemática a superar durante el diseño es ver la manera en que se controlará durante el experimento tal factor. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 8)

Niveles y tratamientos.

Los diferentes valores que se asignan a cada factor estudiado en un diseño experimental se llaman niveles. Una combinación de niveles de todos los factores estudiados se llama tratamiento o punto de diseño. Por ejemplo, si en un experimento se estudia la influencia de la velocidad y la temperatura, y se decide probar cada una en dos niveles, entonces cada combinación de niveles (velocidad, temperatura) es un tratamiento. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 8)

Error aleatorio y error experimental.

Siempre que se realiza un estudio experimental, parte de la variabilidad observada en la respuesta no se podrá explicar por los factores estudiados. Esto es, siempre habrá un remanente de variabilidad que se debe a causas comunes o aleatorias, que generan la variabilidad natural del proceso. Esta variabilidad constituye el llamado error aleatorio. Por ejemplo, será parte de este error aleatorio el pequeño efecto que tienen los factores que no se estudiaron, siempre y cuando se mantenga pequeño o despreciable, así como la variabilidad de las mediciones hechas bajo las mismas condiciones. Sin embargo, el error aleatorio también absorberá todos los errores que el experimentador comete durante los experimentos, y si estos son graves, más que error aleatorio hablaremos de error experimental. De predominar éste, la detección de cuáles de los factores estudiados tienen un efecto real sobre la respuesta será difícil, si no es que imposible. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 9)

Cuando se corre un diseño experimental es importante que la variabilidad observada de la respuesta se deba principalmente a los factores estudiados y en menor medida al error aleatorio, y además que este error sea efectivamente aleatorio. Cuando la mayor parte de la variabilidad observada se debe a factores no estudiados o a un error no aleatorio, no se podrá distinguir cuál es el verdadero efecto que tienen los factores estudiados, con lo que el experimento no alcanzaría su objetivo principal. De aquí la importancia de no dejar variar libremente a ningún factor que pueda influir de manera significativa sobre el comportamiento de la respuesta (principio de bloqueo).

Etapas en el diseño de experimentos

Planeación y realización:

1. Entender y delimitar el problema u objeto de estudio. En la etapa de planeación se deben hacer investigaciones preliminares que conduzcan a entender y delimitar el problema u objeto de estudio, de tal forma que quede claro qué se va a estudiar, por qué es importante y, si es un problema, cuál es la magnitud de este. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 10)
2. Elegir la(s) variable(s) de respuesta que será medida en cada punto del diseño y verificar que se mida de manera confiable. La elección de esta(s) variable(es) es vital, ya que en ella se refleja el resultado de las pruebas. Por ello, se deben elegir aquellas que mejor reflejen el problema o que caractericen al objeto de estudio. Además, se debe tener confianza en

que las mediciones que se obtengan sobre esas variables sean confiables. En otras palabras, se debe garantizar que los instrumentos y/o métodos de medición son capaces de repetir y reproducir una medición, que tienen la precisión (error) y exactitud (calibración) necesaria. Recordemos que los sistemas de medición son la forma en la que percibimos la realidad, por lo que, si éstos son deficientes, las decisiones que se tomen con base en ellos pueden ser inadecuadas. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 10)

3. Determinar cuáles factores deben estudiarse o investigarse, de acuerdo con la supuesta influencia que tienen sobre la respuesta. No se trata de que el experimentador tenga que saber a priori cuáles factores influyen, puesto que precisamente para eso es el experimento, pero sí de que utilice toda la información disponible para incluir aquellos que se considera que tienen un mayor efecto. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 11)
4. Seleccionar los niveles de cada factor, así como el diseño experimental adecuado a los factores que se tienen y al objetivo del experimento. Este paso también implica determinar cuántas repeticiones se harán para cada tratamiento, tomando en cuenta el tiempo, el costo y la precisión deseada. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 11)
5. Planear y organizar el trabajo experimental. Con base en el diseño seleccionado, organizar y planear con detalle el trabajo experimental, por ejemplo, las personas que van a intervenir, la forma operativa en que se harán las cosas, etc. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 11)
6. Realizar el experimento. Seguir al pie de la letra el plan previsto en la etapa anterior, y en caso de algún imprevisto, determinar a qué persona se le reportaría y lo que se haría. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 11)
7. El diseño de experimentos trata de fenómenos que son observables y repetibles. Por lo tanto, sin el pensamiento estadístico, los conceptos de observabilidad y repetibilidad son inherentemente contradictorios. Cualquier cosa observada se aprecia con variabilidad; nada ocurre exactamente de la misma forma dos veces. Incluso las mediciones del mismo evento varían. Entonces, ¿qué se quiere decir cuando la ciencia demanda que una observación sea repetible?, ¿qué repetición es realmente una repetición?, cuando un resultado es el mismo o difiere, ¿es confirmación o contradicción? Estas preguntas no pueden ser contestadas de manera coherente sin el pensamiento estadístico; por ejemplo, alguien da una nueva receta de chocolate, dice que no falla, pero se prueba y no sale, mientras que el segundo y tercer

intento sí funcionan. De acuerdo con lo anterior, se debe ser muy cuidadoso en la planeación y el análisis de un experimento. El punto de partida para una correcta planeación es aplicar los principios básicos del diseño de experimentos: aleatorización, repetición y bloqueo, los cuales tienen que ver directamente con que los datos obtenidos sean útiles para responder a las preguntas planteadas, es decir, la validez del análisis de los datos se apoya en estos principios. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 11)

### **Aleatorización**

Consiste en hacer las corridas experimentales en orden aleatorio (al azar) y con material también seleccionado aleatoriamente. Este principio aumenta la probabilidad de que el supuesto de independencia de los errores se cumpla, lo cual es un requisito para la validez de las pruebas de estadísticas que se realizan. También es una manera de asegurar que las pequeñas diferencias provocadas por materiales, equipo y todos los factores no controlados, se repartan de manera homogénea en todos los tratamientos. Por ejemplo, una evidencia de incumplimiento o violación de este principio se manifiesta cuando el resultado obtenido en una prueba está muy influenciado por la prueba inmediata anterior. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 13)

### **Repetición**

Es correr más de una vez un tratamiento o una combinación de factores. Es preciso no confundir este principio con medir varias veces el mismo resultado experimental. Repetir es volver a realizar un tratamiento, pero no inmediatamente después de haber corrido el mismo tratamiento, sino cuando corresponda de acuerdo con la aleatorización. Las repeticiones permiten distinguir mejor qué parte de la variabilidad total de los datos se debe al error aleatorio y cuál a los factores. Cuando no se hacen repeticiones no hay manera de estimar la variabilidad natural o el error aleatorio, y esto dificulta la construcción de estadísticas realistas en el análisis de los datos. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 13)

### **Bloqueo**

Consiste en nulificar o tomar en cuenta, en forma adecuada, todos los factores que puedan afectar la respuesta observada. Al bloquear, se supone que el subconjunto de datos que se obtengan dentro de cada bloque (nivel particular del factor bloqueado), debe resultar más homogéneo que el conjunto total de datos. Por ejemplo, si se quieren comparar cuatro máquinas, es importante

tomar en cuenta al operador de las máquinas, en especial si se cree que la habilidad y los conocimientos del operador pueden influir en el resultado. Una posible estrategia de bloqueo del factor operador, sería que un mismo operador realizara todas las pruebas del experimento. Otra posible estrategia de bloqueo sería experimentar con cuatro operadores (cuatro bloques), donde cada uno de ellos prueba en orden aleatorio las cuatro máquinas; en este segundo caso, la comparación de las máquinas quizás es más real. Cada operador es un bloque porque se espera que las mediciones del mismo operador sean más parecidas entre sí que las mediciones de varios operadores. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 13)

### **Desviación Estándar**

“Medida de dispersión más utilizada, es un promedio de las desviaciones individuales con respecto a la medida de una distribución”. Según: (Lind, Marchal & Wathen, 2012, p. 76)

### **Clasificación y selección de los diseños experimentales**

De acuerdo con Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar (2008), existen muchos diseños experimentales para estudiar la gran diversidad de problemas o situaciones que ocurren en la práctica. Esta cantidad de diseños hace necesario saber cómo elegir el más adecuado para una situación dada y, por ende, es preciso conocer cómo es que se clasifican los diseños de acuerdo con su objetivo y su alcance. Los cinco aspectos que más influyen en la selección de un diseño experimental, en el sentido de que cuando cambian por lo general nos llevan a cambiar de diseño, son:

1. El objetivo del experimento.
2. El número de factores a estudiar.
3. El número de niveles que se prueban en cada factor.
4. Los efectos que interesa investigar (relación factores-respuesta).
5. El costo del experimento, tiempo y precisión deseada.

Estos cinco puntos no son independientes entre sí, pero es importante señalarlos de manera separada, ya que al cambiar cualquiera de ellos generalmente cambia el diseño experimental a

utilizar. Con base en algunos de estos cinco puntos es posible clasificar los diseños como lo hacemos a continuación.

El objetivo del experimento se utiliza como un criterio general de clasificación de los diseños experimentales, mientras que los otros cuatro puntos son útiles para subclasificarlos. En este sentido, de acuerdo con su objetivo y sin pretender ser exhaustivos, los diseños se pueden clasificar como:

1. Diseños para comparar dos o más tratamientos.
2. Diseños para estudiar el efecto de varios factores sobre la(s) respuesta(s).
3. Diseños para determinar el punto óptimo de operación del proceso.
4. Diseños para la optimización de una mezcla.
5. Diseños para hacer el producto o proceso insensible a factores no controlables.

(Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 14)

En la Figura 10, se detalla la clasificación de diseños experimentales.

Figura 10: Clasificación de diseños experimentales

1. Diseños para comparar dos o más tratamientos	{ Diseño completamente al azar Diseño de bloques completos al azar Diseño de cuadros latino y grecolatino
2. Diseños para estudiar el efecto de varios factores sobre una o más variables de respuesta	{ Diseños factoriales $2^k$ Diseños factoriales $3^k$ Diseños factoriales fraccionados $2^{k-p}$
3. Diseños para la optimización de procesos	{ Diseños para el modelo de primer orden
	{ Diseños para el modelo de segundo orden
	{ Diseños factoriales $2^k$ y $2^{k-p}$ Diseño de Plakett-Burman Diseño simplex Diseño de composición central Diseño de Box-Behnken Diseños factoriales $3^k$ y $3^{k-p}$
4. Diseños robustos	{ Arreglos ortogonales (diseños factoriales) Diseño con arreglos interno y externo
5. Diseños de mezclas	{ Diseño simplex-reticular Diseño simplex con centroide Diseño con restricciones Diseño axial

Nota: (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 14)

## Distribuciones de probabilidad e inferencia

De acuerdo con Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar (2008):

La distribución de probabilidad o distribución de una variable aleatoria  $X$  relaciona el conjunto de valores posibles de  $X$  (rango de  $X$ ), con la probabilidad asociada a cada uno de estos valores y los representa a través de una tabla o por medio de una función planteada como una fórmula. Por ejemplo, sea la variable aleatoria dada por el estadístico media muestral,  $\bar{X}$ , entonces al conocer su distribución de probabilidad podremos saber cuáles son los valores que puede tomar  $\bar{X}$  y cuáles son más probables. En otras palabras, la distribución de probabilidad de la media muestral  $\bar{X}$  señala qué valores se espera que tome  $\bar{X}$ , de acuerdo con los supuestos asumidos. De esta forma, la distribución de probabilidad hace que lo aleatorio no sea un capricho, y modela (describe, acota) los posibles valores de un estadístico muestral, con lo que al observar una realización específica de un estadístico se pueden corroborar o rechazar supuestos (prueba de hipótesis), o bien, hacer estimaciones poblacionales. Las distribuciones de probabilidad que más se usan en intervalos de confianza y pruebas de hipótesis son las distribuciones: normal, T de Student, ji-cuadrada y F. En la figura 5 se representan las formas típicas de estas cuatro distribuciones. La distribución normal está completamente definida por sus parámetros, que son la media,  $m$ , y la desviación estándar,  $s$ . Por ejemplo, se muestra la distribución normal con  $m = 0$  y  $s = 1$ , que se simboliza con  $N(0, 1)$  y se conoce como la distribución normal estándar. En la figura 5 también se observa que, tanto la distribución normal estándar como la T de Student son simétricas y centradas en cero, mientras que las distribuciones ji-cuadrada y F son sesgadas y sólo toman valores positivos. (p. 21)

Las cuatro distribuciones están relacionadas entre sí, ya que las distribuciones T de Student, ji-cuadrada y F se definen en términos de la distribución normal estándar. Los parámetros que definen por completo las distribuciones T de Student, ji-cuadrada y F, reciben el nombre de grados de libertad, que tienen que ver con los tamaños muestrales involucrados. Por ejemplo, si se tiene una muestra de tamaño 20, será de interés una distribución T de Student con 19 grados de libertad para

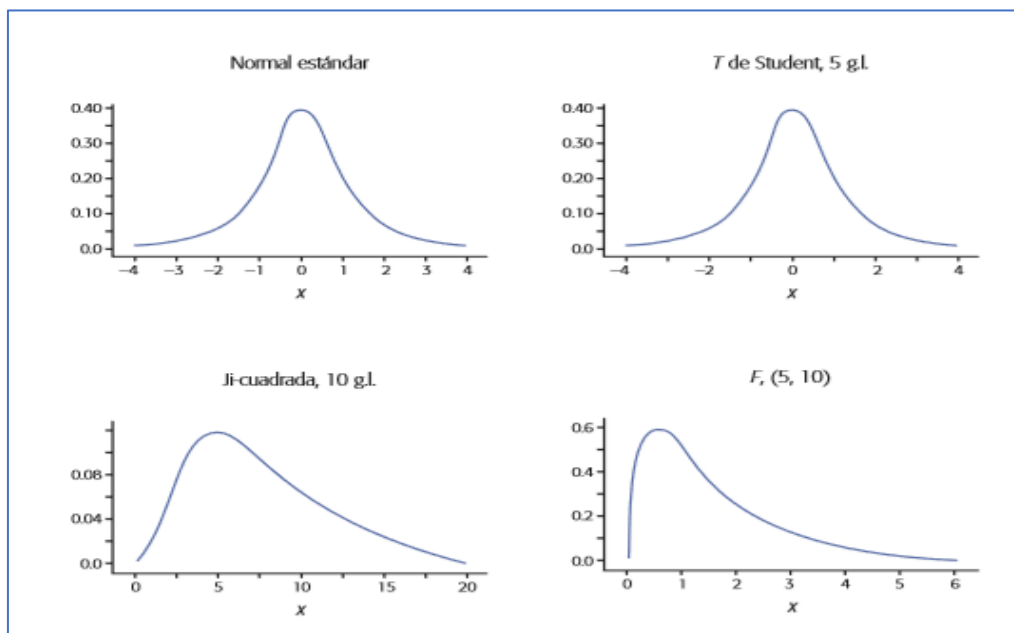
hacer inferencia sobre la media poblacional; o una ji-cuadrada con 19 grados de libertad para hacer inferencias sobre la varianza poblacional. La distribución T de Student tiende a la distribución normal estándar cuando el tamaño de muestra crece, y prácticamente es la misma distribución para  $n > 45$ . La diferencia básica entre las dos distribuciones es que la T de Student es más ancha (respecto del eje horizontal) en las colas. (p. 22)

La distribución normal estándar es una curva única, por ello existen tablas que proporcionan cualquier área o probabilidad de interés bajo esta curva. No pasa lo mismo con las otras distribuciones a las que hemos hecho referencia, ya que para cada tamaño muestral es una curva diferente. Por eso, las tablas de estas distribuciones sólo reportan los valores que separan las áreas de mayor uso en inferencia estadística. (p. 22)

En la actualidad es mejor utilizar un paquete estadístico para encontrar cualquier área o percentil que se quiera de cada distribución. Como se muestra más adelante, las distribuciones normal y T de Student sirven para hacer inferencias sobre las medias; mientras que la distribución ji-cuadrada será de utilidad para hacer inferencias sobre varianzas y la distribución F se empleará para comparar varianzas. Es por esto por lo que la distribución F es la de mayor relevancia en diseño de experimentos, dado que el análisis de la variabilidad que se observó en un experimento se hace comparando varianzas. (p. 22)

En la *Figura 11*, se observa las cuatro distribuciones de probabilidades de mayor uso en la inferencia:

Figura 11: Muestra de distribuciones de probabilidad de mayor uso en inferencia



Fuente: (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 22)

### Estimación puntual y por intervalo

De acuerdo con Gutiérrez Pulido y de la Vara (2008), las distribuciones de probabilidad que tienen una variable que representa cierta característica de una población se definen completamente cuando se conocen sus parámetros, pero cuando estos no se conocen, será necesario estimarlos con base en los datos muestrales para hacer inferencias sobre la población. Por ejemplo, los parámetros de una distribución normal son la media,  $m$ , y la desviación estándar,  $s$ , que en caso de desconocerse será necesario estimarlos a partir de los datos en la muestra. Hay dos tipos de estimación: puntual y por intervalo.

**Estimación puntual** Un estimador puntual de un parámetro desconocido es un estadístico que genera un valor numérico simple, que se utiliza para hacer una estimación del valor del parámetro desconocido; por ejemplo, tres parámetros sobre los que con frecuencia se desea hacer inferencia son:

- La media  $m$  del proceso (población).
- La varianza  $s^2$  o la desviación estándar  $s$  del proceso.

- La proporción  $p$  de artículos defectuosos.

Los estimadores puntuales (estadísticos) más recomendados para estimar estos parámetros son, respectivamente:

- La media muestral  $\hat{m} = \bar{X}$ .
- La varianza muestral  $\hat{s}^2 = S^2$ .
- La proporción de defectuosos en la muestra,  $\hat{p} = x/n$ , donde  $x$  es el número de artículos defectuosos en una muestra de tamaño  $n$ .

#### Grados de Libertad

“Número mínimo de parámetros que necesitamos especificar para determinar completamente la velocidad de un mecanismo o el número de reacciones de una estructura.” (pp. 23-24)

### **Planteamiento de una hipótesis estadística**

Una hipótesis estadística es una afirmación sobre los valores de los parámetros de una población o proceso, que es susceptible de probarse a partir de la información contenida en una muestra representativa que es obtenida de la población. Por ejemplo, la afirmación “este proceso produce menos de 8% de defectuosos” se puede plantear estadísticamente, en términos de la proporción  $p$  desconocida de artículos defectuosos que genera el proceso, como se hace a continuación. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 30)

A la expresión  $H_0$ : se le conoce como hipótesis nula y  $H_A$ : se le llama hipótesis alternativa. El nombre de hipótesis nula se deriva del hecho de que comúnmente se plantea como una igualdad, lo cual facilita el tener una distribución de probabilidad de referencia específica. En general, la estrategia a seguir para probar una hipótesis es suponer que la hipótesis nula es verdadera, y que en caso de ser rechazada por la evidencia que aportan los datos, se estará aceptando la hipótesis alternativa. Así, en el caso de las proporciones, la afirmación que se desea probar se aceptará como cierta, sólo en caso de rechazar la hipótesis nula. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 30)

### **Estadístico de prueba**

Probar una hipótesis consiste en investigar si lo afirmado por la hipótesis nula es verdad o no. La estrategia de prueba parte del supuesto de que  $H_0$  es verdadera, y si los resultados de la investigación contradicen en forma suficiente dicho supuesto, entonces se dice que de acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos existe evidencia por lo que se rechaza  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa. En caso de que los resultados de la investigación no demuestren claramente la falsedad de  $H_0$ , esta no se rechaza. Es decir, la hipótesis nula es verdadera mientras no se demuestre lo contrario. Una vez planteada la hipótesis, se toma una muestra aleatoria de la población de estudio o se obtienen datos mediante un experimento planeado de acuerdo con la hipótesis. El estadístico de prueba es un número calculado a partir de los datos y la hipótesis nula, cuya magnitud permite discernir si se rechaza o no la hipótesis nula  $H_0$ . Al conjunto de posibles valores del estadístico de prueba que llevan a rechazar  $H_0$ , se le llama región o intervalo de rechazo para la prueba, y a los posibles valores donde no se rechaza  $H_0$  se les llama región o intervalo de aceptación. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 31)

### **Criterio de rechazo**

El estadístico de prueba, construido bajo el supuesto de que  $H_0$  es verdad, es una variable aleatoria con distribución conocida. Si efectivamente  $H_0$  es verdad, el valor del estadístico de prueba debería caer dentro del rango de valores más probables de su distribución asociada, el cual se conoce como región de aceptación.

Si cae en una de las colas de su distribución asociada, fuera del rango de valores más probables (en la región de rechazo), es evidencia en contra de que este valor pertenece a dicha distribución. De aquí se deduce que debe estar mal el supuesto bajo el cual se construyó, es decir,  $H_0$  debe ser falsa. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, pp. 31-32)

### **Diseño completamente al azar y ANOVA**

De acuerdo con Gutiérrez Pulido & de la Vara (2008, p. 62), muchas comparaciones, como las antes mencionadas, se hacen con base en el diseño completamente al azar (DCA), que es el más simple de todos los diseños que se utilizan para comparar dos o más tratamientos, dado que sólo consideran dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio. En el siguiente capítulo veremos diseños que consideran la influencia de otras fuentes de variabilidad (bloques).

### ANOVA para el diseño completamente al azar (DCA)

El análisis de varianza (ANOVA) es la técnica central en el análisis de datos experimentales. La idea general de esta técnica es separar la variación total en las partes con las que contribuye cada fuente de variación en el experimento. En el caso del DCA, se separan la variabilidad debida a los tratamientos y la debida al error. Cuando la primera predomina “claramente” sobre la segunda, es cuando se concluye que los tratamientos tienen efecto o, dicho de otra manera, las medias son diferentes. Cuando los tratamientos no dominan (contribuyen igual o menos que el error), se concluye que las medias son iguales. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 65)

### Método LSD (diferencia mínima significativa)

Una vez que se rechazó  $H_0$  en el ANOVA, el problema es probar la igualdad de todos los posibles pares de medias. (p. 74)

### **Diseño de bloques completos al azar**

Según Gutiérrez & de la Vara (2008), cuando se quieren comparar ciertos tratamientos o estudiar el efecto de un factor, es deseable que las posibles diferencias se deban principalmente al factor de interés y no a otros factores que no se consideran en el estudio. Cuando esto no ocurre y existen otros factores que no se controlan o nulifican para hacer la comparación, las conclusiones podrían ser afectadas sensiblemente. (p. 102)

### Factores de bloque

A los factores adicionales al factor de interés que se incorporan de manera explícita en un experimento comparativo se les llama factores de bloque. Éstos tienen la particularidad de que no se incluyen en el experimento porque interesa analizar su efecto, sino como un medio para estudiar de manera adecuada y eficaz al factor de interés. Los factores de bloque entran al estudio en un nivel de importancia secundaria con respecto al factor de interés y, en este sentido, se puede afirmar que se estudia un solo factor, porque es uno el factor de interés. (p.102)

En un diseño en bloques completos al azar (DBCA) se consideran tres fuentes de variabilidad: el factor de tratamientos, el factor de bloque y el error aleatorio, es decir, se tienen tres posibles “culpables” de la variabilidad presente en los datos. La palabra completo en el nombre del diseño se debe a que en cada bloque se prueban todos los tratamientos, o sea, los bloques están

completos. La aleatorización se hace dentro de cada bloque; por lo tanto, no se realiza de manera total como en el diseño completamente al azar. El hecho de que existan bloques hace que no sea práctico o que incluso sea imposible aleatorizar en su totalidad. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 102)

#### Diseño en cuadro latino

En el diseño en cuadro latino (DCL) se controlan dos factores de bloque y se estudia un factor de tratamientos, por lo que se tienen cuatro fuentes de variabilidad que pueden afectar la respuesta observada, éstas son: los tratamientos, el factor de bloque I (columnas), el factor de bloque II ( renglones) y el error aleatorio. Se llama cuadro latino por dos razones: es un cuadro debido a que tiene la restricción adicional de que los tres factores involucrados se prueban en la misma cantidad de niveles, y es latino porque se utilizan letras latinas para denotar a los tratamientos o niveles del factor de interés. Sean A, B, C, ..., K, los k tratamientos a comparar, por lo tanto, ambos factores de bloques tienen también k niveles cada uno. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 109)

#### **Diseños factoriales**

El objetivo de un diseño factorial es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todos los factores. Por ejemplo, uno de los objetivos particulares más importantes que en ocasiones tiene un diseño factorial es determinar una combinación de niveles de los factores en la que el desempeño del proceso sea mejor. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 128)

En los diseños factoriales, los factores pueden ser de tipo cualitativo (máquinas, tipos de material, operador, la presencia o ausencia de una operación previa, etc.), o de tipo cuantitativo (temperatura, humedad, velocidad, presión, etc.). Para estudiar la manera en que influye cada factor sobre la variable de respuesta es necesario elegir al menos dos niveles de prueba para cada uno de ellos. Con el diseño factorial completo se corren aleatoriamente todas las posibles combinaciones que pueden formarse con los niveles de los factores a investigar. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 128)

De acuerdo con lo anterior, la matriz de diseño o arreglo factorial es el conjunto de puntos experimentales o tratamientos que pueden formarse considerando todas las posibles

combinaciones de los niveles de los factores. Por ejemplo, con  $k = 2$  factores, ambos con dos niveles, se forma el diseño factorial  $2 \times 2 = 2^2$ , que consiste en cuatro combinaciones o puntos experimentales. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 128)

Según Gutiérrez & de la Vara (2008), el efecto de un factor se define como el cambio observado en la variable de respuesta debido a un cambio de nivel de tal factor. Y en particular, los efectos principales son los cambios en la media de la variable de respuesta que se deben a la acción individual de cada factor. Por otro lado, el efecto principal Es igual a la respuesta promedio observada en el nivel alto de un factor, menos la respuesta promedio en el nivel bajo. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 129)

### Diseño factorial $2^2$

En este diseño factorial se consideran los factores A y B con a y b ( $a, b \geq 2$ ) niveles de prueba, respectivamente. Con ellos se puede construir el arreglo o diseño factorial  $a \times b$ , el cual consiste en  $a \times b$  tratamientos. Algunos casos particulares de uso frecuente son: la factorial  $2^2$ , factorial  $3^2$  y el factorial  $3 \times 2$ . Se llama réplica a cada corrida completa del arreglo factorial. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 134)

Además, con un diseño factorial  $2^2$  se estudia el efecto de dos factores considerando dos niveles en cada uno. Cada réplica de este diseño consiste de  $2 \times 2 = 4$  combinaciones o tratamientos que se pueden denotar de diferentes mane ras, como se muestra en la tabla 6.1. Algunas de estas notaciones se utilizan en situaciones muy particulares; por ejemplo, la notación  $+1, -1$  es útil a la hora de hacer los cálculos para ajustar por mínimos cuadrados un modelo de regresión a los datos; es la notación que utilizan los paquetes Statgraphics y Minitab. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008, p. 168)

### Gráficas de Control $\bar{X} - S$

Las gráficas de control Xbarra-S se utilizan para monitorear la media y la variación de un proceso cuando tenga datos continuos y tamaños de subgrupo de 9 o más. Esta gráfica de control sirve para monitorear la estabilidad del proceso en el tiempo, de manera que pueda identificar y corregir las inestabilidades en un proceso. (support.minitab.com, 2020)

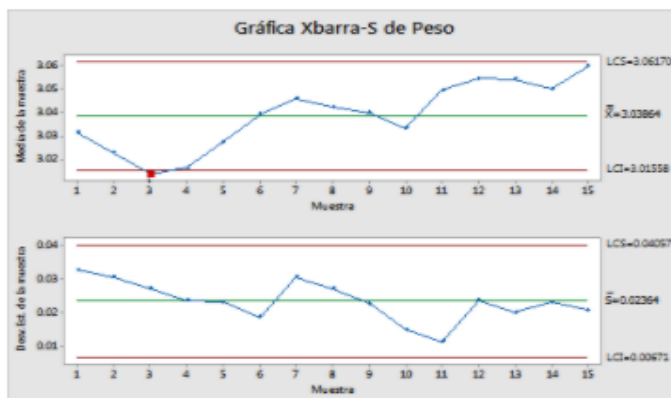
## Pasos para interpretación de resultados

Antes de proceder con la interpretación de los resultados obtenidos, es muy importante seguir una serie de pasos, estos son:

- ✓ Paso 1 Determinar si la variación del proceso está bajo control: antes de proceder con la interpretación de la gráfica X barra, es importante examinar primero la gráfica S para determinar si la variación está bajo control. Si los puntos mostrados en esta gráfica S no están bajo control, entonces, los límites de control establecidos para la gráfica X barra no serán exactos. (support.minitab.com, 2020)
- ✓ Paso 2 Determinar si la media del proceso está bajo control: por otro lado, la gráfica Xbarra representa el promedio de las mediciones dentro de cada subgrupo. La línea central es el promedio de todos los promedios de los subgrupos. Los límites de control en la gráfica Xbarra, que se establecen a una distancia de 3 desviaciones estándar por encima y por debajo de la línea central, muestran la cantidad de variación esperada en los promedios de los subgrupos. (support.minitab.com, 2020)
- ✓ Paso 3 Identificar qué puntos no pasaron cada prueba: Se debe investigar cualquier subgrupo que no pase las pruebas para poder detectar causas especiales. Sin embargo, si se realiza pruebas adicionales, entonces es posible que los puntos no pasen múltiples pruebas. (support.minitab.com, 2020)

En la Figura 12 podemos observar un ejemplo de aplicación de la gráfica de control X barra – S para pesos de una muestra.

Figura 12 Gráfica X barra – S de pesos



Nota: <https://support.minitab.com> (2020)

### CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

El fin principal de este capítulo consiste en la explicación de todos los mecanismos que van a ser utilizados para el análisis de la problemática que se desea investigar, mediante la aplicación sistemática y lógica, de todos aquellos conceptos y fundamentos planteados o expuestos en el marco teórico. En esta sección, se detallan todos los procedimientos, se describe la manera de realizar la investigación y de esta manera obtener los datos para el análisis; además se realiza la descripción de los instrumentos y las técnicas empleadas para la recolección de los datos, definiendo la población y el tamaño muestral.

Para el caso del presente trabajo final de graduación se define además un paradigma positivista partiendo del hecho de que este estudio se dirige primordialmente a cuantificar y determinar elementos exactos, como base en cuanto a los resultados que se busca obtener para lograr el objetivo propuesto. Por lo que, en términos de aplicación de un modelo estadístico no solo requiere de obtención de estos datos exactos, sino que también, estos deben ser representativos donde no solo se considera el valor medio, sino también aquellos valores que sabemos se apartan del valor real y que influyen en resultado final.

Se considera importante mencionar que, desde el punto vista de corta del tallo, este se define de acuerdo con el color del botón, por lo que este criterio se basa en una tabla de colores establecida por la empresa que ha sido definida según los requerimientos de cada uno de sus clientes. Debido a esto, tenemos la combinación de una medida definida por el tamaño del largo del botón, y también, el punto de color del botón que define si se puede o no realizar la corta del tallo.

Carlos Sabino (1992), plantea en su libro *El Proceso de Investigación*, referido al marco metodológico: “En cuanto a los elementos que es necesario operacionalizar pueden dividirse en dos grandes campos que requieren un tratamiento diferenciado por su propia naturaleza: el universo y las variables”.

En un proceso de investigación es necesario tener en cuenta todos los factores que influyen en el problema, como su contexto, sus condiciones, sus cambios y principios. Es por aquel motivo que el marco metodológico contextualiza profundamente en el problema, no sólo por parte teórica sino también práctica, viendo la forma de estudiar los diversos factores que afectan al problema.

## Enfoque

Partiendo de la definición del autor, descrita anteriormente, se puede inferir que la investigación es una acción realizada de manera cotidiana y repetitiva por los individuos, fundamentado en la necesidad de entender situaciones cotidianas. Su finalidad es profundizar sobre un tema particular de interés para responder a su inquietud, utilizando una metodología para su ejecución.

Según lo planteado por Sabino (1992), el enfoque seleccionado para este trabajo es el enfoque mixto. Se eligió este enfoque debido a que implica la recolección y análisis de datos, se pueden integrar los datos cualitativos y cuantitativos; además permite tener una perspectiva más amplia y profunda, los datos recolectados son muy variados lo que hace que sean más fácil para realizar una mayor exploración y explotación de estos.

Al elegir el enfoque mixto se realiza la integración sistemática de los enfoques cuantitativos y cualitativos en un solo estudio, lo que le permitirá a este trabajo de investigación poder recolectar toda la información necesaria para poder solucionar, de la mejor manera, el problema que se ha planteado en el proyecto, el cual tendrá datos numéricos, verbales, textuales y simbólicos que permitirá comprenderlo mejor.

Adicionalmente a lo planteado por Sabino en párrafos previos, también es posible agregar una perspectiva más reciente con referencia a este tema, la cual se detalla a continuación.

De acuerdo con el autor Hernández *et al.* (2014), se hace una distinción de diferentes enfoques en el área de investigación:

### Enfoque Cualitativo

El enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos:

entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien “circular” en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio. (p. 7)

### Enfoque Cuantitativo

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones en relación con las Hipótesis. (p. 4).

### Enfoque Mixto

[...] los define como la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener una “fotografía” más completa del fenómeno, y señala que éstos pueden ser conjuntados de tal manera que las aproximaciones cuantitativa y cualitativa conserven sus estructuras y procedimientos originales (“forma pura de los métodos mixtos”); o bien, que dichos métodos pueden ser adaptados, alterados o sintetizados para efectuar la investigación y lidiar con los costos del estudio (“forma modificada de los métodos mixtos”). En resumen, los métodos mixtos utilizan evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y de otras clases para entender problemas en las ciencias (Creswell, 2013 y Lieber y Wiener, 2010). Citado por Hernández *et al.* (2014, p. 534) resume el enfoque mixto como aquel que utiliza evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y de otras clases, para entender problemas en las ciencias.

## Alcance

Continuando con la perspectiva planteada por Hernández *et al.* (2014), en su libro *Metodología de la Investigación*, dentro de los alcances del proyecto, se consideran cuatro enfoques, con lo cual se busca adaptar el contenido teórico de los mismos que más se ajuste a la realidad de la problemática planteada en este estudio.

Estos enfoques son:

### Investigación exploratoria

[...] se realiza cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas. (p. 91)

### Investigación descriptiva

Se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Describe tendencias de un grupo o población. Es decir, únicamente pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (p. 92)

### Investigación correlacional

Asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población. Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables. (p. 93)

### Investigación explicativa

En cuanto a esta investigación Hernández *et al.* (2014) indica que pretende establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian. Van más allá de la descripción

de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. (p. 95)

De acuerdo con lo planteado en el estudio a realizar, es necesario identificar y conocer los procesos como actualmente se realizan, para poder medir la ejecución de estos y contar con el insumo, en este caso datos confiables, que permita ejecutar el análisis propuesto, lo cual permitirá acceder, según los resultados obtenidos, a una propuesta que se ajuste a la necesidad requerida por el proceso de estimaciones en la empresa P&F. Además de que las variables están desarrolladas bajo modelo DMAIC, que busca además la mejora continua.

### **Método**

#### Diseño no experimental

De acuerdo con el autor Hernández *et al.* (2014), el diseño no experimental es “aquel que se efectúa sin manipular deliberadamente las variables, de manera intencional las independientes, para observar su efecto en otras; se observan y miden los fenómenos tal cual ocurren en el contexto natural y posteriormente analizarlos”. (p. 107)

#### Diseño experimental

De acuerdo con el autor Hernández *et al.* (2014), el diseño experimental se puede considerar como:

[...] estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes, dentro de una situación de control para el investigador. Es decir, los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula. (pp. 129-130).

Para la realización del presente proyecto se considera el diseño experimental por cuanto la medición de las variables son manipuladas para conocer la causa y el efecto de la medición del proceso actual de muestreo y cálculo para estimación de cosechas.

## Muestra de la Investigación

La muestra de la investigación se puede clasificar como no probabilística o probabilística. De acuerdo con esta última se distinguen los siguientes tipos: aleatorio simple, aleatorio sistemático, estratificado y conglomerado.

### Muestra no probabilística.

Hernández *et al.* (2014), establece que es un subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación. El procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores. (p. 176)

### Muestra probabilística.

Hernández *et al.* (2014), indica que “Todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos para la muestra y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra, y por medio de una selección aleatoria o mecánica de las unidades de muestreo/análisis”. (p.175)

### Aleatorio simple.

Según Hernández *et al.* “Las unidades de análisis o los elementos muestrales se eligen siempre aleatoriamente para asegurarse de que cada elemento tenga la misma probabilidad de ser elegido”. (p. 183)

### Aleatorio sistemático.

Este procedimiento de selección es muy útil e implica elegir dentro de una población  $N$  un número  $n$  de elementos a partir de un intervalo  $K$ . Este último ( $K$ ) es un intervalo que se determina por el tamaño de la población y el tamaño de la muestra. (Hernández *et al.*, 2014, p. 184)

### Estratificado.

Hernández *et al.* (2014), lo define como: “Muestreo en el que la población se divide en segmentos y se selecciona una muestra para cada segmento”. (p. 181)

Conglomerado.

“En este tipo de muestreo se reducen costos, tiempo y energía, al considerar que a veces las unidades de muestreo/análisis se encuentran encapsuladas o encerradas en determinados lugares físicos o geográficos, a los que se denomina conglomerados”. (Hernández *et al.*, 2014, p. 182)

La muestra que se utilizará en el presente proyecto de investigación es de tipo no probabilística, a conveniencia, por cuanto se basa en muestreos aleatorios con el fin de realizar mediciones del tamaño del botón de la variedad seleccionada. Siendo esta la población definida para seleccionar la muestra, misma que se considera a conveniencia, porque se quieren medir en tiempos específicos, días específicos que son relevantes para evaluar las variables definidas para este estudio. Es no probabilística porque no se conoce la probabilidad de inclusión en la muestra, depende además de los individuos en una cama de siembra.

Las características de la población que en este caso son los botones de los tallos de la variedad de lirio (*Lilium Sp*) seleccionada, los cuales deben ser medidos con ayuda de un calibrador o pie de rey.

El tamaño de la muestra se seleccionará de manera conveniente, donde cada tallo no va a tener la misma probabilidad de ser elegido, se eligen aquellos que se encuentren dentro del espacio establecido como área de muestreo. Para realizar este procedimiento se tomarán botones al azar del total de la consulta definida en el párrafo anterior, esto en horas establecidas y definidas, con el fin de obtener el tiempo promedio de atención de acuerdo con cada una de las categorías establecidas.

Para efectos de este proyecto y considerando la población definida o finita, en la Figura 13, se detalla cómo se realiza el cálculo del tamaño de muestra:

Figura 13: Fórmula para el cálculo del tamaño de muestra poblaciones finitas

$$n = \frac{Z^2 N p q}{e^2 (N - 1) + Z^2 p q}$$

Nota: (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Fórmula

Para un nivel de confianza del 95%

$$Z = 1,960$$

$$\varepsilon = 5\%$$

p: probabilidad de que suceda el evento

q: probabilidad de que no suceda el evento

$$p+q=1$$

Aplicando la anterior formula en la población definida se cuenta con una muestra de.

De acuerdo con Salazar López (2019), en su artículo publicado en el sitio web Ingenieriaonline.com, menciona que:

El tamaño de la muestra o cálculo de número de observaciones es un proceso vital en la etapa de cronometraje, dado que de este depende en gran medida el nivel de confianza del estudio de tiempos. Este proceso tiene como objetivo determinar el valor del promedio representativo para cada elemento.

### **Variables o Unidades de Análisis**

De acuerdo con Hernández *et al.*, (2014), una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. El concepto de variable se aplica a personas u otros seres vivos, objetos, hechos y fenómenos, los cuales adquieren diversos valores respecto de la variable referida. (p, 105)

Con respecto a lo anterior en la Tabla 1: Variables de Análisis, se muestran las variables que se utilizarán para el desarrollo de este trabajo.

Tabla 1: Variables de Análisis

Objetivo Específico	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Entender el proceso actual de estimaciones de cosecha (muestreo y cálculos), en las camas de siembra del invernadero.	Estimaciones de cosecha	Según Bravo (2008): "Proceso es un conjunto de actividades e interacciones que transforma entradas en salidas que agregan valor a los clientes, la finalidad común. El proceso es realizado por personas organizadas según una cierta estructura, tienen tecnología de apoyo y manejan información." (p. 27).	Tamaño del botón de acuerdo con los días de siembra. Cantidad de muestras en camas. Cantidad de muestras totales por semana (plano de siembra).	Diagrama de Proceso. Diagrama de Flujo. Mapeo de flujo de valor. Entrevistas.
Medir el error estimación asociado al modelo actual en función de oportunidad de venta realizada/no realizada.	Error de estimación	Según Gutiérrez Pulido y de la Vara (2008): "Unidad experimental son Pieza(s) o muestra(s) que se utiliza para generar un valor que sea representativo del resultado de la prueba." (p. 6).	Cantidad de tallos estimados / Total Tallos esperados x 100. Cantidad tallos reales / Cantidad de tallos Estimados Porcentaje tallos estimados – Porcentaje de tallos reales	Hoja electrónica de muestreos. Klee. Pareto. Ishikawa.
Analizar los resultados obtenidos en la medición de la ejecución de los procesos de estimación.	Resultados obtenidos en la medición	Según Gutiérrez Pulido y de la Vara (2008): "Unidad experimental son Pieza(s) o muestra(s) que se utiliza para generar un valor que sea representativo del resultado de la prueba." (p. 6).	Media Muestral. Desviación Estándar. Coeficiente de variación.	Hoja electrónica de control de muestras. Klee. Pareto. Ishikawa
Definir la propuesta de un Modelo de Muestreo y Control Estadístico de crecimiento del lirio (medida del botón) en las camas de siembras del invernadero.	Propuesta del Modelo de Muestreo y Control Estadístico de crecimiento del lirio (medida del botón).	Según Gutiérrez Pulido y de la Vara (2008): "Un experimento: Es un cambio en las condiciones de operación de un sistema o proceso, que se hace con el objetivo de medir el efecto del cambio en una o varias propiedades del producto o resultado." (p. 7)	Propuesta del Modelo de Muestreo y Control Estadístico a la medida de la empresa P&F.	Evaluación económica. Cantidad de muestreos realizados por ciclo de cosecha. Definición de Indicadores. Administración visual. Kaizen.

<p>Establecer mecanismos de control adecuados que permita a la propuesta planteada una evaluación constante y mejora continua.</p>	<p>Mecanismos de control adecuados</p>	<p>De acuerdo con Cabezón (2014): [...] es necesario que cualquier organización que pretenda situar a la calidad en el centro de sus actividades y que busque mejorar la productividad y sus costes, disponga de los tres pilares que se han citado. Por ejemplo, de nada serviría el uso de gráficos de control en una organización en la que no existiera la cultura necesaria, o se intentase solucionar los problemas de la calidad sin la implicación de la alta dirección, o incluso sin utilizar las herramientas básicas necesarias para resolver estos problemas. (p.17)</p>	<p>Coefficiente de Variación (CV): Desviación Estándar Muestral/Media Muestral</p>	<p>Distribución de Frecuencias Gráfico de Control tipo X - S</p>
--	--	---	--	--

Nota: Ávila Pérez, Alejandra (2020). Elaboración propia

### Instrumentos

De acuerdo con lo mencionado por Hernández *et al.* (2014): “Con la finalidad de recolectar datos disponemos de una gran variedad de instrumentos o técnicas, tanto cuantitativas como cualitativas, es por ello por lo que en un mismo estudio podemos utilizar ambos tipos”. (p. 198)

Mediante la utilización de estos instrumentos mencionados, los datos recolectados están directamente relacionados con los objetivos planteados y las variables en estudio. Dicho esto, para la realización del presente proyecto se utilizará la observación y el diseño de experimentos estadísticos.

Seguidamente la Tabla 2, se muestran los instrumentos, indicadores, recursos requeridos y beneficios esperados del trabajo final que se utilizarán.

Tabla 2: Indicadores, recursos requeridos y beneficios del proyecto

Indicador	Instrumento	Recursos Requeridos	Beneficios esperados
Coficiente de Variación.	Registro de datos	Humanos Informáticos FlowerTech	Buscar controlar la variabilidad de la medición del botón. Eliminar errores de muestreo
Error de Estimación de cosechas: $\leq 15\%$	Registro de datos	Humanos Informáticos FlowerTech	Buscar oportunidades de mejora continua. Cumplir con el parámetro establecido por el Departamento de Ventas.
Curvas de Cosecha	Registro de las mediciones diarias del tamaño del botón por variedad.	Humanos Informáticos FlowerTech	Buscar oportunidades de mejora continua. Actualizar los datos de curvas de crecimiento por variedad.
Producto no conforme	Registro de no conformidades encontradas en la calidad del bulbo (cantidad de botones, calibre del bulbo y germinación).	Humanos Informáticos FlowerTech	Buscar oportunidades de mejora continua. Eliminar desperdicios

Nota: Ávila Pérez, Alejandra (2020). Elaboración propia

## Descripción de los instrumentos

### Observación

De acuerdo con Hernández *et al.* (2014), menciona que: “un buen observador necesita saber escuchar y utilizar todos los sentidos, poner atención a los detalles, poseer habilidades para descifrar y comprender conductas, ser reflexivo y flexible para cambiar el centro de atención, si es necesario”. (p. 403)

Continuando con lo descrito anteriormente, el autor menciona: “Este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías”. (p. 252)

Con base en las definiciones planteadas, podemos decir que la observación es el registro visual de lo que ocurre, por lo que se debe clasificar y consignar los acontecimientos pertinentes de acuerdo con el esquema previsto y según el problema planteado.

Como método de recolección de datos debe ser planificado para que reúna los requisitos de validez y confiabilidad; se debe conducir de manera hábil y sistemática diferenciando los aspectos significativos de los que no son relevantes para la investigación. Al respecto, Hernández *et al.* (2014), menciona que: “la observación investigativa no se limita al sentido de la vista, sino a todos los sentidos. (p. 399)

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, el método de la observación se realizará con el uso de una hoja electrónica, muestreos, creación de base de datos muestrales para el análisis de resultados, valoración de diagrama de flujo, recorridos, distribución de zonas dentro del invernadero, así como la distribución de camas las siembra, layout, Gemba walk, 5´s, caminata de desperdicios. El desplazamiento entre camas de siembra durante el recorrido de la toma de mediciones es fundamental.

### Entrevista

Tal como lo menciona Hernández *et al.* (2014): “Las entrevistas implican que una persona calificada (entrevistador) aplica el cuestionario a los participantes; el primero hace las preguntas a cada entrevistado y anota las respuestas”. (p. 403)

Para obtener información relevante se considera la realización de una entrevista estructurada al personal de campo, al personal encargado de realizar las estimaciones. Así como al Ingeniero

Agrónomo a cargo de finca El Cerro, quienes son las personas que conocen ampliamente el proceso.

Documentos, registros, materiales y artefactos

De acuerdo con Hernández *et al.*, (2014):

Una fuente muy valiosa de datos cualitativos son los documentos, materiales y artefactos diversos. Nos pueden ayudar a entender el fenómeno central de estudio. Prácticamente, la mayoría de las personas, grupos, organizaciones, comunidades y sociedades los producen y narran, o delinear sus historias y estatus actuales. Le sirven al investigador para conocer los antecedentes de un ambiente, así como las vivencias o situaciones que se producen en él y su funcionamiento cotidiano y anormal (LeCompte y Schensul, 2013; Rafaeli y Pratt, 2012; Van Maanen, 2011; Zemliansky, 2008).

Entre tales elementos podemos mencionar cartas, diarios personales, fotografías, grabaciones de audio y video por cualquier medio, objetos como vasijas, armas y prendas de vestir, grafiti y toda clase de expresiones artísticas, documentos escritos de cualquier tipo, archivos, huellas, medidas de erosión y desgaste, etcétera. (p. 415)

Se consideran los anteriores instrumentos por cuanto son los que más se adecuan de acuerdo con la problemática planeada y a los indicadores a estudiar en el tema Modelos de Muestreo y Control estadístico para estimaciones de cosechas.

### **Proceso para la Recolección de Datos**

De acuerdo con Hernández *et al.* (2014, p. 145), se menciona que:

Una vez seleccionado el diseño de investigación, definida la unidad de análisis y la muestra, el siguiente paso consiste en recolectar los datos sobre las variables de estudio. Recabar los datos implica medir o capturar la información pertinente; para este fin, se utilizan o desarrollan uno o más instrumentos de recolección de datos.

Para la realizar la recolección de los datos, se deberá determinar la zona adecuada para el muestreo, así como la determinación del tamaño de la muestra por cama de siembra. Una vez definidos los dos primeros elementos anteriores, se procederá con la medición del largo del botón

de los individuos, los cuales serán seleccionados aleatoriamente y a lo largo de la cama y dentro de la zona determinada para el muestreo.

### **Método de Análisis**

Para el análisis de la información recolectada se realizará mediante procedimientos escritos, como lo son entrevistas cualitativas, diagrama de flujo y mapeo de procesos. En cuanto al análisis de los datos, según Méndez, Mendoza y Cuevas (2017), citado por Valverde (2019): “Depende del tipo de datos que se recolectan, cuantitativos o cualitativos. Los datos cualitativos se analizan estadísticamente partiendo de la matriz hecha en la recolección de datos” (p. 184). (p. 70)

Para esto se utilizan herramientas estadísticas, software de simulación con el fin de analizar los datos de cada variable mediante programas como Excel, Minitab, R y Microsoft Power BI, respectivamente.

### **Cronograma**

#### **WBS**

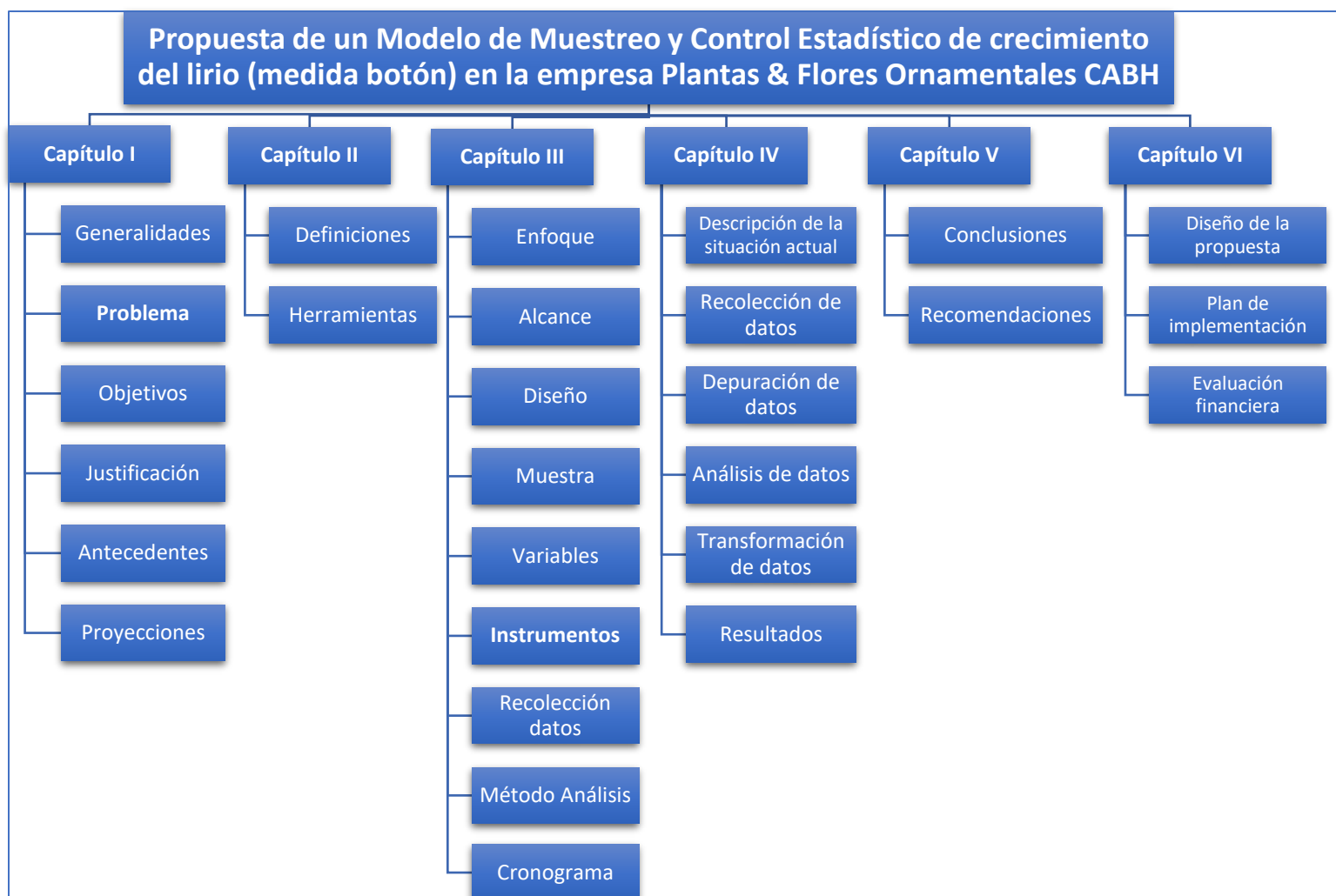
De acuerdo con Project Management Institute (2013), cita que:

Es el proceso de subdividir los entregables del proyecto y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y fáciles de manejar. El beneficio clave de este proceso es que proporciona una visión estructurada de lo que se debe entregar. (p. 124)

La estructura de la EDT/WBS se puede representar de diferentes maneras, la forma como se va a trabajar es utilizando las fases del ciclo de vida del proyecto como segundo nivel de descomposición, con los entregables del producto y del proyecto insertados en el tercer nivel. (p. 128).

En la *Figura 14*, se muestra el WBS con el detalle por capítulo.

Figura 14: WBS se detalla por capítulos los entregables del proyecto de investigación



Nota: Ávila Pérez, Alejandra (2020). Elaboración propia

En relación con el WBS de la *Figura 14*, el primer capítulo cuenta con las generalidades de la empresa Plantas & Flores Ornamentales CABH, el problema, objetivos, justificación, antecedentes y proyecciones. El segundo capítulo presenta el marco teórico, todo el referente a definiciones y las herramientas que se utilizarán durante la elaboración de la investigación. El tercer capítulo, detalla el enfoque, alcance, diseño, muestra de la investigación, variables, instrumentos, recolección y análisis de datos; método de análisis y cronograma.

En el cuarto capítulo, diagnóstico, se llevará a cabo la descripción de la situación actual, además del tratamiento de los datos, esto es recolección, depuración, análisis y transformación de estos; para finalizar con la generación de resultados. El capítulo quinto contará con las conclusiones y

recomendaciones, finalmente, el capítulo sexto, se enfocará en el diseño de la propuesta, el plan de implementación y la evaluación financiera.

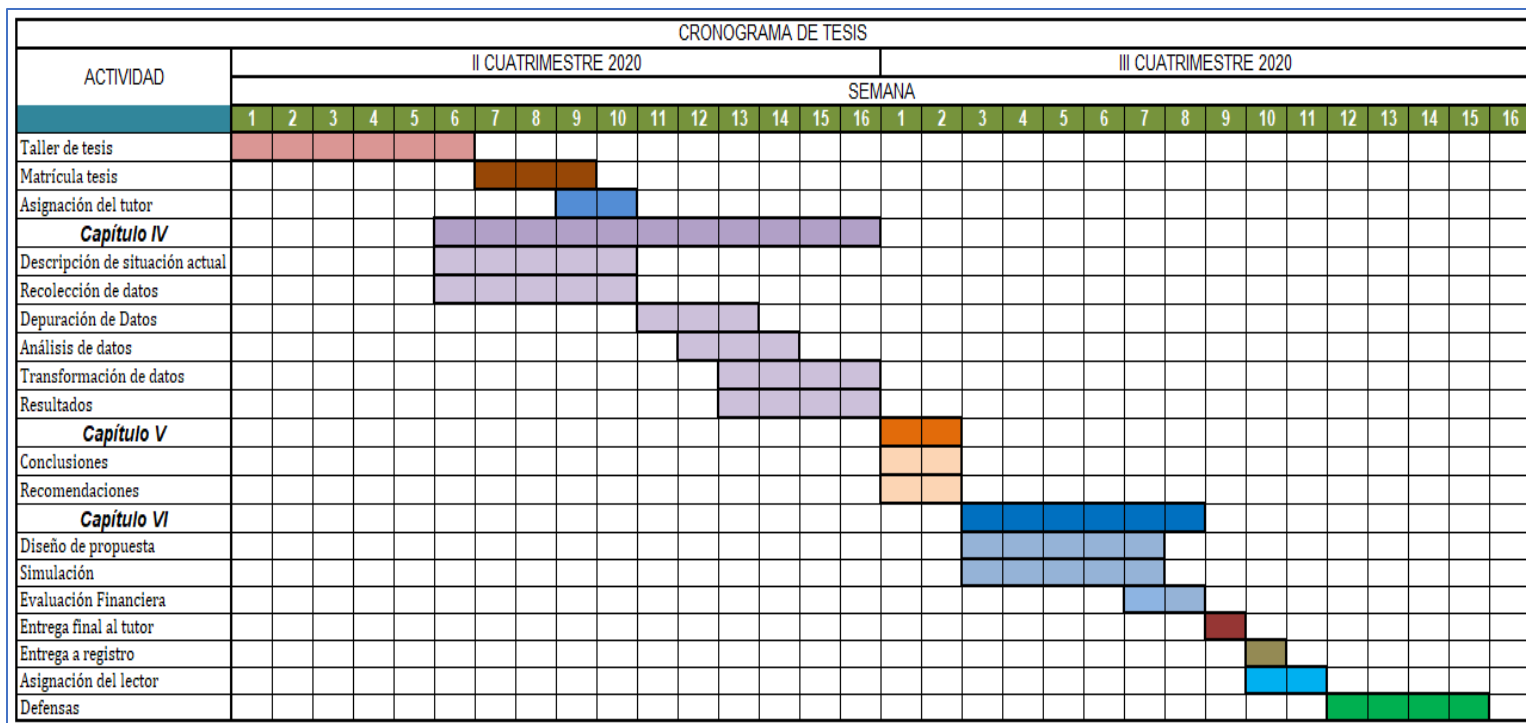
### Diagrama de Gantt

De acuerdo con Project Management Institute (2013), citado por Jiménez (2018):

Los diagramas de Gantt presentan la información del cronograma con la lista de actividades en el eje vertical, las fechas en el eje horizontal y las duraciones de las actividades se representan en forma de barras colocadas en función de las fechas de inicio y de finalización. Los diagramas de barras son relativamente fáciles de leer. (p. 181)

Seguidamente la *Figura 15*, detalla la secuencia cronológica del Project:

*Figura 15: Diagrama de Gantt cronograma del desarrollo del proceso de trabajo final de graduación*



Nota: Ávila Pérez, Alejandra (2020). Elaboración propia

De acuerdo con la *Figura 15* Diagrama de Gantt, se detalla en semanas, el cronograma de tesis desde el taller hasta la defensa de esta. En las primeras seis semanas se desarrolla el taller (se trabaja y entregan los primeros tres capítulos), entre las semanas 7 a 10, del II cuatrimestre 2020, se matricula la tesis y por ende se designa el tutor.

El capítulo IV tendrá una duración total de diez semanas, las primeras cinco semanas serán para la descripción de la situación actual y para la recolección de datos, entre las semanas once y dieciséis se llevarán a cabo la depuración, en la cuarta el análisis de dicha información y en la quinta se realizará la transformación y se darán los resultados.

El capítulo V, se elaborará en las semanas uno y dos del III cuatrimestre del 2020, desarrollando en éste las conclusiones y recomendaciones. Finalmente, el capítulo VI durará seis semanas para elaborar el diseño de la propuesta, el plan de implementación y la evaluación financiera.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL (DIAGNÓSTICO)**

En el capítulo IV se utilizan diferentes herramientas para realizar el diagnóstico que describe detalladamente la situación actual del modelo de proyecciones de cosecha utilizado por el Departamento de Estimaciones en la empresa Plantas y Flores Ornamentales CABH S.A., con lo que se pretende definir las oportunidades de mejora en el proceso actual.

Tal y como se describió de manera breve en el capítulo I de este documento, el modelo actual no está fundamentado en teoría estadística, tampoco existe un registro de toma de muestreos ni mediciones de botón para el cálculo del comportamiento del crecimiento del botón en la variedad de lirios orientales.

Para entender adecuadamente este proceso, a continuación, se describe el contexto previo, así como, una descripción de la metodología y una estimación aproximada de la magnitud del problema expresado en porcentaje de error en estimación de cosecha.

### **Descripción del Proceso Actual**

El proceso de estimaciones es el principal enlace entre la operación de campo (siembra), el Departamento de Ventas y de manera directa con la operación de corta. La información de estimaciones de tallos es la información medular que utiliza la gerencia de ventas para elaborar el informe de proyecciones de venta de tallos semanal.

Tal como se mencionó en el capítulo de introducción, la oferta de la finca en cuanto a disponibilidad de tallos por semana es de suma importancia, ya que, en el mercado de flores los compradores dependen de esta oferta estimada para realizar sus pedidos anticipados de tallos por variedad y color de acuerdo con la época del año.

Este modelo de estimaciones toma en cuenta tablas de crecimiento de botón por variedad. Estas tablas fueron construidas con mediciones realizadas en algunas variedades de lirios de manera diaria durante un periodo de tiempo, tiene más de seis años de haberse elaborado. Además, no existen registros comprobables de actualizaciones recientes que permitan hacer una revisión o comparación de los datos.

Para el caso de la finca El Cerro (lugar elegido para el estudio), se mantiene en alguna medida un trabajo de revisión y actualización de algunas variedades consideradas para los efectos tipo A o variedades de mayor demanda.

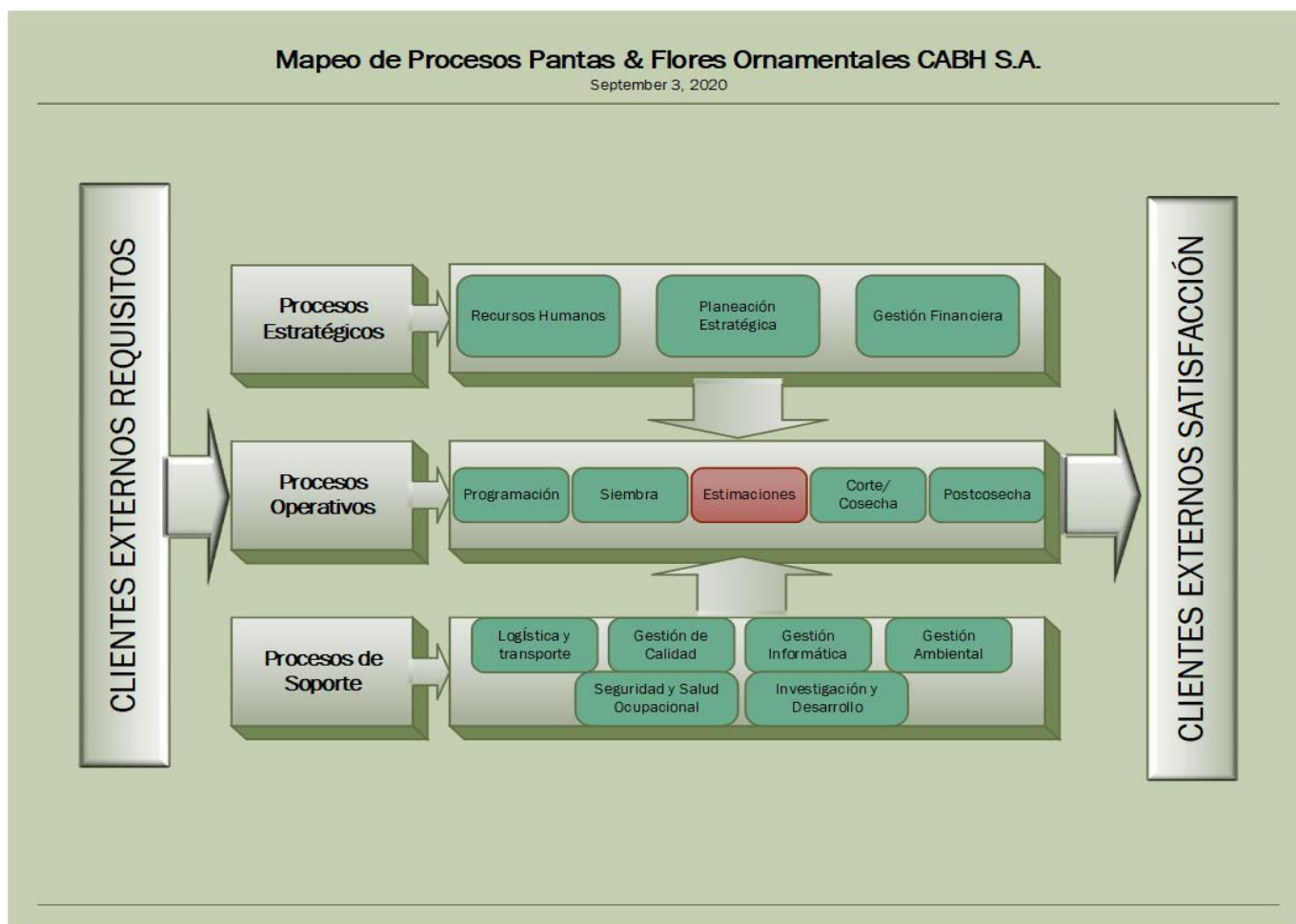
## Mapeo de Procesos Plantas & Flores Ornamentales CABH

De acuerdo con Oliveira (2017), “El mapeo de procesos es una actividad empírica, o sea, se basa en el conocimiento del funcionamiento general de una empresa. Las técnicas más comunes utilizadas en el mapeo son: entrevistas, reuniones, talleres de colaboración, observación de campo, cuestionarios, recopilación de documentos e intercambio de ideas.”

Y, por tanto, según Oliveira (2017), “el propósito del proceso de mapeo es identificar, entender y conocer los procesos existentes que permitan definir los futuros To-Be y que permita mejorar el nivel de satisfacción de los clientes y de los colaboradores de la empresa.

Dada la referencia anterior, en la Figura 16 se muestra, de manera general, los procesos que conforman la operación de la empresa y su relación. Además, en color rojo se identifica el proceso de estimaciones el cual es el objeto principal del presente trabajo de investigación.

Figura 16 Mapeo de Procesos P&F

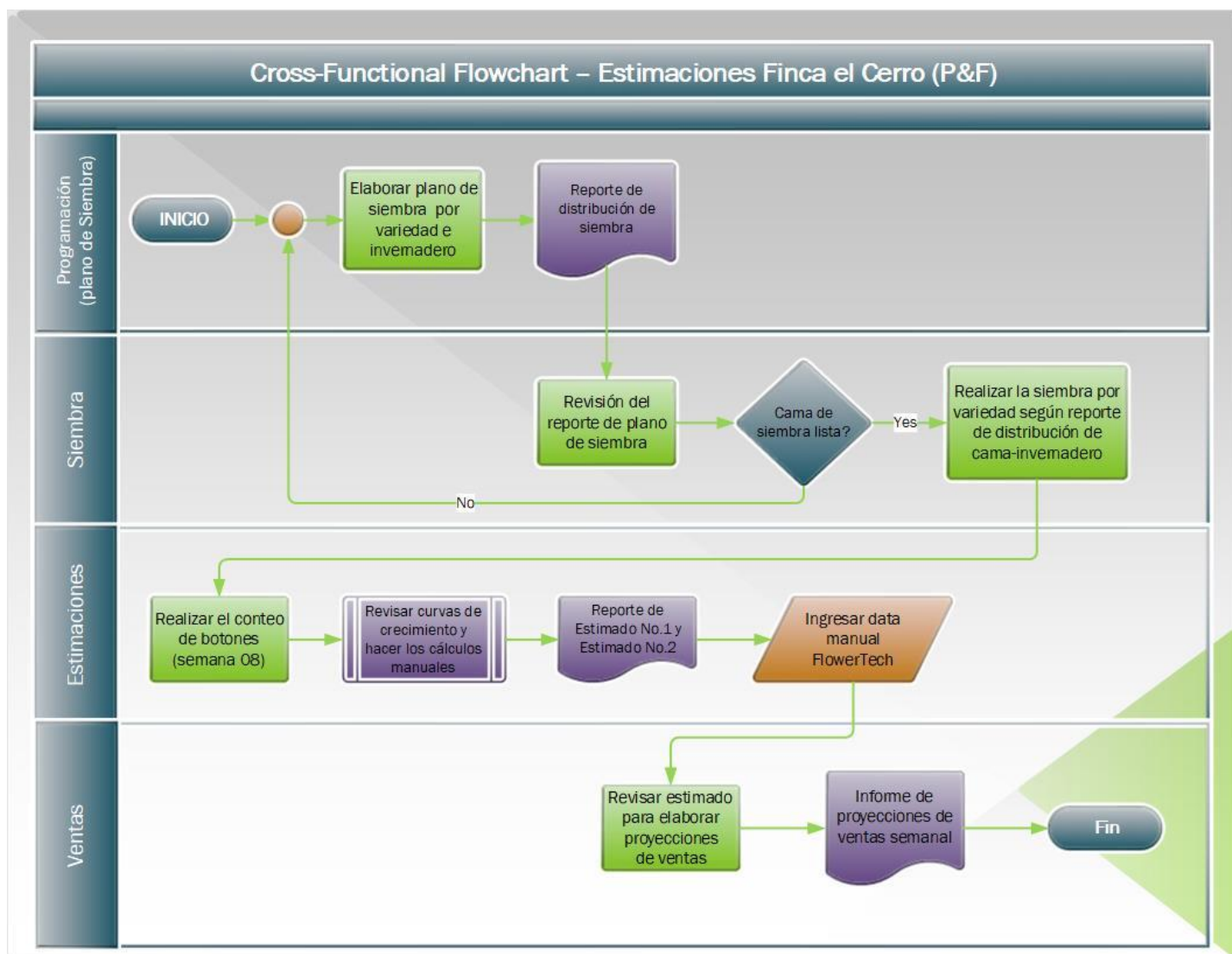


Nota: Ávila, Alejandra (2020). Elaboración propia

### Diagrama de Flujo Estimaciones (funciones cruzadas)

A continuación, en la Figura 17 se presenta el diagrama de flujo de funciones cruzadas para el proceso de estimaciones. Este proceso es el enlace entre programación de siembra, siembra de campo y ventas.

Figura 17 Diagrama de Flujo Estimaciones (funciones cruzadas)



Nota: Ávila, Alejandra (2020). Elaboración propia

Tal como se muestra, el proceso de estimaciones tiene como principal función realizar una revisión del comportamiento del crecimiento de las variedades sembradas y prepara un informe de proyección de tallos semanales, el cual le permite a ventas generar el informe semanal a gerencia general y gerencia de fincas la oferta de tallos y por tanto la proyección de ventas.

De manera general, y para efecto de entender el proceso y su relación con los otros procesos, se resume cada actividad de la siguiente manera:

1. Programación de siembra: este proceso consiste en revisar las demandas de flores (colores y variedad), de acuerdo con la época del año y elabora el plano de siembra. Este plano de siembra considera disponibilidad de espacios de siembra (camas dentro del invernadero), con el fin de distribuir los bulbos de cada variedad por cama y por invernadero.
2. Siembra: de acuerdo con este plano de siembra elaborado por el Departamento de Lanificación, el personal de campo selecciona los bulbos por variedad, cantidades y procede con la siembra de acuerdo con este mapa. Cada cama de siembra dentro del invernadero es marcada con la etiqueta del lote de la variedad de bulbos seleccionados, así como la cantidad, el día y semana de siembra. Esta información es de suma importancia para el estimador.
3. Estimaciones: Una vez que el personal de campo pasa el reporte de siembra de acuerdo con el plano de siembra, el estimador programa por semana las revisiones de las variedades. Es importante mencionar que, para poder hacer esta revisión, la variedad debe tener al menor 8 semanas de haber sido sembrada. La razón de esto es que, para la mayoría de las variedades de lirio el botón tiene cierto tamaño para poderse medir después de la octava semana.

Debe además tomar la información de las tablas o curvas de crecimiento mencionadas previamente, con las cuales estima una medida promedio del tamaño del botón para determinar si está dentro de la medida según la semana de vida de la planta. Esto se explica más adelante.

Otro detalle importante, es que se debe tener mucho cuidado al manipular o medir el botón ya que si se maltrata de manera excesiva se corre el riesgo de dañar la planta. La revisión y proceso de cálculo se detalla más adelante. Como punto principal, el Departamento de Estimaciones elabora el reporte de estimado 1 y estimado 2 en Excel y luego lo pasa manualmente al sistema FlowerTech (software propio de la empresa) para que ventas pueda realizar las estimaciones de venta semanales.

- Estimado 1: es la estimación del porcentaje de tallos atrasados, adelantados o dentro de la semana esperada de cosecha. Esto implica que, si se estima un porcentaje de tallos atrasados, no van a estar listos para corta en la semana proyectada sino hasta una o dos semanas

posteriores. Por el contrario, si hay un porcentaje de tallos adelantados, implica que estos van a estar listos para corta una semana antes de lo esperado.

- Estimado 2: es la estimación de tallos listo para corta de la semana, dependiendo del punto de corte (color del botón) según especificaciones de cada cliente. Estos son los tallos que se espera cosechar en la semana.
- 4. Ventas: una vez ingresado el reporte de estimados, el Departamento de Ventas elabora las proyecciones de ventas u oferta de tallos semanal a sus clientes y presenta este informe a gerencia general. Si la estimación no es acertada, debe cancelar pedidos que se han reservado a los clientes ya que la corta real en campo no logró salir con los tallos esperados según el estimado 2.

#### Consideraciones importantes de proceso de estimaciones

A continuación, se detallan algunas de las consideraciones más relevantes que fueron tomadas en cuenta para la elaboración de estas tablas o curvas de crecimiento.

- La medición del botón se realizó en un periodo de tiempo que comprendió un rango de 46 a 52 días de crecimiento a partir de la semana N.º 8 posterior al día de la siembra (dependiendo de la variedad).
- Se eligieron individuos de algunos invernaderos según la variedad.
- La medición se hizo diaria y se promedió la medida diaria por variedad.

#### Metodología y Cálculo

##### Método:

1. El estimador debe seleccionar el invernadero.
2. Revisar el plano de siembra para identificar las camas que componen el lote de la variedad por estimar.
3. Revisar la tabla de curva de cosechas, para determinar la medida máxima del botón según la variedad y la semana que se esté estimando.
4. Se ajusta el calibrador en dicha medida (ejemplo: 9.7 cm). Queda estático.
5. Los conteos se realizan en grupos de tres revisiones por cama (inicio, centro y final).
6. Para esto, se coloca el medidor de área con cuidado y los botones que se encuentren dentro del área marcada son revisados con el calibrador o pie de rey.

7. Dentro de esta área de marcada y dependiendo de la densidad (especificada en la etiqueta de la cama), pueden haber de 25 a 35 tallos.
8. Debe contar cuántos botones mayores o menores existen en el área marcada. Esto se elige si al iniciar la revisión la mayoría está por encima de la medida previamente ajustada o viceversa.

Cálculo:

Para determinar el porcentaje, se toma el conteo total de las tres revisiones, se divide entre 3 y se divide entre la mitad de la densidad. Esto porque solo se está tomando medio metro cuadrado como área y la densidad es dada por 1 metro cuadrado completo.

Fórmula

Conteo 1 + Conteo 2 + Conteo 3 / 3 = Conteo Promedio (botones mayores o botones menores)

Densidad / 2 = Densidad real

Porcentaje de estimación: Conteo Promedio / Densidad real

Este “porcentaje de estimación”, es el porcentaje con el cual el estimador anota lo siguiente:

1. Botones mayores: si el resultado fue 30%, se indica que ese porcentaje corresponde a cosecha adelantada.
2. Botones Menores: si el resultado fue 30%, se indica que ese porcentaje corresponde a cosecha atrasada.

El restante 70% (siguiendo el ejemplo), corresponde a cosecha que viene proyectándose dentro de la semana esperada. Se aclara que esto se realiza por cama y al final de las revisiones se vuelve a promediar los resultados de todas las camas.

Consideraciones teóricas “Inferencia Estadística”

De acuerdo con el siguiente enunciado:

“El objetivo de la inferencia estadística es hacer afirmaciones válidas acerca de la población o proceso con base en la información contenida en una muestra. Estas afirmaciones tienen por objetivo coadyuvar en la toma de decisiones. La inferencia estadística por lo general se divide en

estimación y prueba de hipótesis, y se apoya en cantidades o datos estadísticos calculados a partir de las observaciones en la muestra”. (Lind, Marchal & Wathen, 2012, p.10)

Se puede afirmar que no existe una toma de muestras con base en medidas individuales de botones. Solo un parámetro de conteo, en el cual se toma como referencia los botones que están por encima o por debajo de la medida determinada por el estimador (botones mayores / botones menores). Además del hecho de que los cálculos no tienen una base teórica según el enunciado descrito, se pudo observar que, durante las visitas realizadas, el estimador tampoco aplica de manera adecuada la metodología descrita por el Departamento de Estimaciones.

#### Otras Observaciones

1. No realiza los tres conteos por cama, estos conteos se realizan en desorden y pasando de una cama de siembra a otra.
2. Mezcla revisiones entre camas.
3. No se cumple con el principio de muestreo según la teoría estadista en cuanto a medir el botón y levantar datos de muestreos (tabla de muestras para tabulaciones de resultados).
4. No existe un cálculo de distribución de frecuencias, que permita revisar resultados.
5. Los cálculos son realizados promedio entre promedio, lo cual también implica sesgos importantes en los porcentajes estimados.
6. No existe un parámetro para determinar la confiabilidad de los cálculos.
7. Los datos de las tablas resumen son editadas con datos basados en el criterio visual y de experiencia del estimador

Por lo tanto, un conteo de botones mayores o menores a un rango de medida que derive un cálculo de promedio entre promedio no permite realizar una estimación de porcentaje de tallos listos para corta en una semana específica.

En la Tabla 3 Comparación entre tallos estimados vs tallos cosechados (error de estimación), podemos observar a manera de ejemplo uno de los reportes diarios proporcionado por el Departamento de Estimaciones.

Tabla 3 Comparación entre tallos estimados vs tallos cosechados (error de estimación)

Finca	El Cerro															
Tallos Corta				Semana				Lunes				Martes				
Comun	Color	Variedad	Grado	REAL	ESTIMADO	DIFERENCIA	VARIACIÓN	REAL	ESTIMADO	DIFERENCIA	VARIACIÓN	REAL	ESTIMADO	DIFERENCIA	VARIACIÓN	
ASIATICO	ORANGE	EREMO	2B	30	0	30	-100%	20	0	20	-100%	30	0	30	-100%	
			3/5B	600	586	14	-2%	226	242	-16	7%	190	86	104	-55%	
	PEACH	MENORCA	3/5B	180	144	36	-20%	246	180	66	-27%	180	40	140	-78%	
			2B	0	0	0	0%	0	0	0	0%	10	0	10	0%	
			INDIAN SUMMERSET	3/5B	460	376	84	-18%	386	250	136	-35%	310	314	-4	1%
				2B	240	270	-30	13%	570	300	270	-47%	380	288	92	-24%
		WHITE	LITOUWEN	3/5B	120	330	-210	175%	486	350	136	-28%	940	290	650	-69%
				3/5B	30	0	30	-100%	10	0	10	-100%	0	0	0	0%
YELLOW	NASHVILLE	3/5B	30	0	30	-100%	10	0	10	-100%	0	0	0	0%		
Total ASIATICO				1660	1706	(46)		1944	1322	622		2040	1018	1,022		
MATSUMOTO	BLUE			186	150	36	-19%	60	100	-40	67%	120	350	-230	192%	
				850	800	50	-6%	460	300	160	-35%	180	100	80	-44%	
	RED			250	100	150	-60%	80	50	30	-38%	90	200	-110	122%	
				270	150	120	-44%	120	100	20	-17%	400	150	250	-63%	
Total MATSUMOTO			1556	1200	356		720	550	170		720	800	(80)			
ORIENTAL	PINK		1B	10	0	10	-100%	0	0	0	0%	0	0	0	0%	
			2B	850	424	426	-50%	773	222	551	-71%	475	304	171	-36%	
			3/5B	5060	3864	1196	-24%	2785	3192	-407	15%	3990	3320	670	-17%	
	WHITE		2B	1295	1360	-65	5%	1435	898	537	-37%	480	676	-196	41%	
			3/5B	7020	8622	-1602	23%	7494	5018	2476	-33%	4600	4630	-30	1%	
Total ORIENTAL			14235	14270	(35)		12487	9330	3157		9545	8930	615			

Nota: Resumen Departamento estimaciones P&amp;F (2020)

Tal como se observa en la Tabla 3 Comparación entre tallos estimados vs tallos cosechados, los porcentajes de error de estimación son muy altos y variables, esto se puede ver detalladamente en la Tabla 4: Resumen tallos estimados vs tallos cosechados Semana 18-2020, la cual se muestra a continuación:

Tabla 4: Resumen tallos estimados vs tallos cosechados Semana 18-2020

TOTAL REAL	TOTAL ESTIAMDO	DIFERENCIA	% VARIACION (ERROR)
100	0	100	-100%
1176	914	262	-22%
626	364	262	-42%
10	0	10	0%
1416	940	476	-34%
1460	858	602	-41%
2226	970	1256	-56%
40	0	40	-100%
<b>7054</b>	<b>4046</b>	<b>3,008</b>	
906	600	306	-34%
1530	1200	330	-22%
780	350	430	-55%
1210	400	810	-67%
<b>4426</b>	<b>2550</b>	<b>1,876</b>	
10	0	10	-100%
2698	950	1748	-65%
14575	10376	4199	-29%
3880	2934	946	-24%
25489	18270	7219	-28%
<b>46652</b>	<b>32530</b>	<b>14,122</b>	43%

Nota: Resumen Excel Departamento estimaciones P&F (2020)

### Análisis de situación

A continuación, se detalla el análisis de la situación actual, de acuerdo con los hallazgos encontrados producto de las observaciones, entrevistas y otras revisiones.

### Algoritmo de Klee y Pareto

De acuerdo con la teoría conceptual para la elaboración de la matriz del algoritmo de Klee, se realiza una selección de criterios a evaluar. Estos criterios, fueron revisados en conjunto con la gerencia de Finca el Cerro el Ingeniero Agrónomo Don Diego Giraldo, el gerente de zona central el Ingeniero Agrónomo Juan Pablo Villalobos y el encargado de estimaciones Juan José Espinoza.

En la Tabla 5 Algoritmo de Klee y Pareto se puede observar los seis criterios seleccionados, así como las notas Empresa y Evaluador.

Tabla 5 Algoritmo de Klee y Pareto

Algoritmo de Klee y Pareto								
Nota Empresa	1	0.5	0.75	0.5	0.5	0.75		
Nota Evaluador	1	0.75	0.5	0.75	0.75	1		
Criterios de Evaluación	Método de estimación	Técnica de medición	Instrumento de medición	Experiencia del estimador	Falta mano de obra	Factores climáticos	Sumatoria	Peso
Método de estimación		0.75	1	0.75	0.75	0.5	3.75	0.250
Técnica de medición	0.25		0.5	0.5	0.5	0.25	2	0.133
Instrumento de medición	0	0.5		0.25	0.5	0.25	1.5	0.100
Experiencia del estimador	0.25	0.5	0.75		0.5	0.25	2.25	0.150
Falta mano de obra	0.25	0.5	0.5	0.5		0.75	2.5	0.167
Factores climáticos	0.5	0.75	0.75	0.75	0.25		3	0.200
Total	1.25	3	3.5	2.75	2.5	2	15	1

Nota: Ávila, Alejandra (2020). Elaboración propia

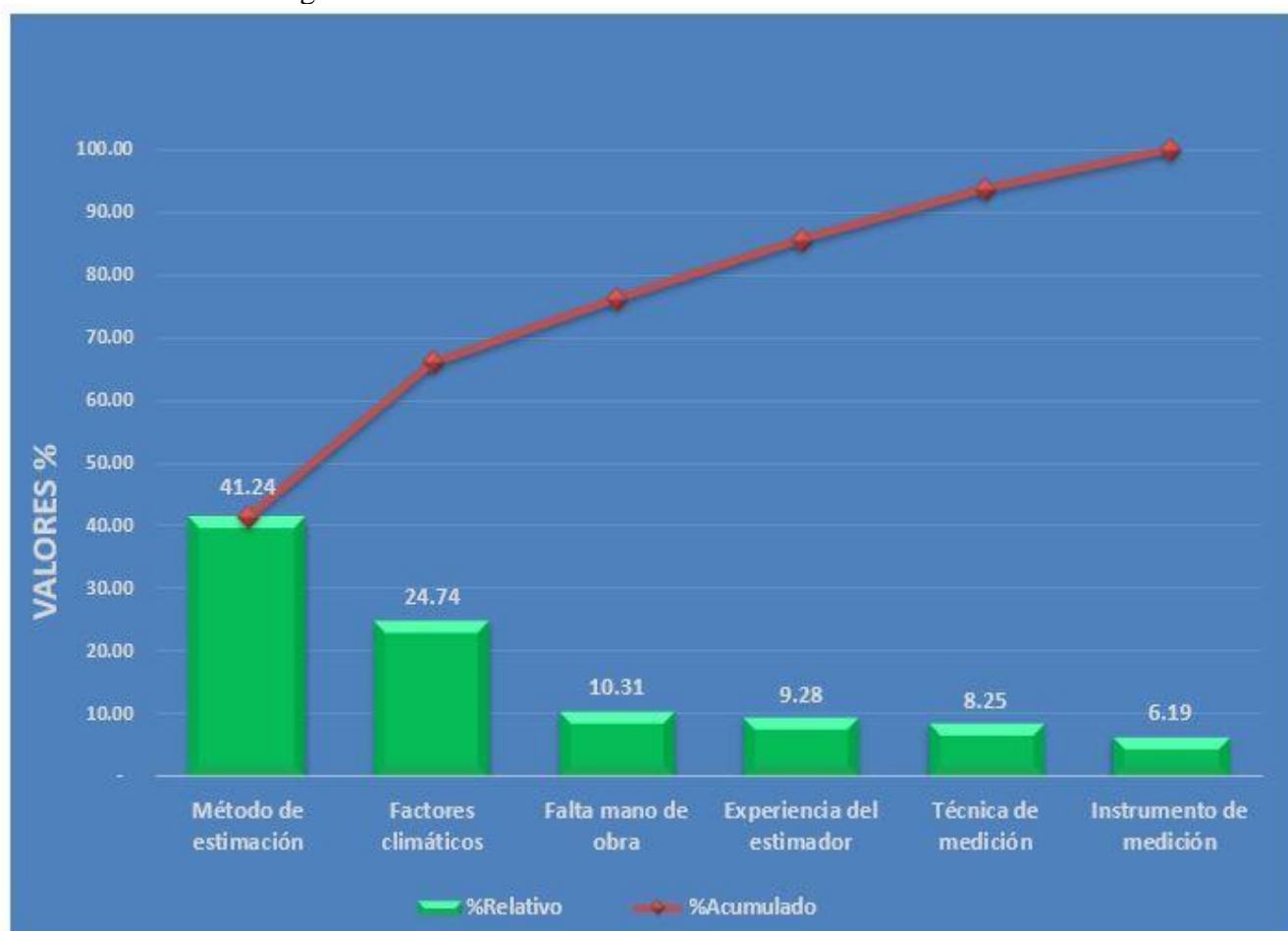
Tal como se observa en la matriz, los criterios se ordenan y evalúan de acuerdo con la fila y la columna según nivel de importancia y se asigna un peso porcentual. Los resultados obtenidos se ordenan de acuerdo con el porcentaje relativo, este detalle se presenta en la Tabla 6 y seguidamente en la Figura 18 se puede de manera gráfica la distribución porcentual.

Tabla 6 Algoritmo de Klee Datos ordenados por resultado

Algoritmo de Klee - Datos ordenados por resultado				
Code	Criterios de Evaluación	Resultado	% Relativo	% Acumulado
A	Método de estimación	0.25	41.24	41.24
B	Factores climáticos	0.15	24.74	65.98
C	Falta mano de obra	0.06	10.31	76.29
D	Experiencia del estimador	0.06	9.28	85.57
E	Técnica de medición	0.05	8.25	93.81
F	Instrumento de medición	0.04	6.19	100.00

Nota: Ávila, Alejandra (2020). Elaboración propia

Figura 18 Gráfico de Pareto – Criterios de Evaluación



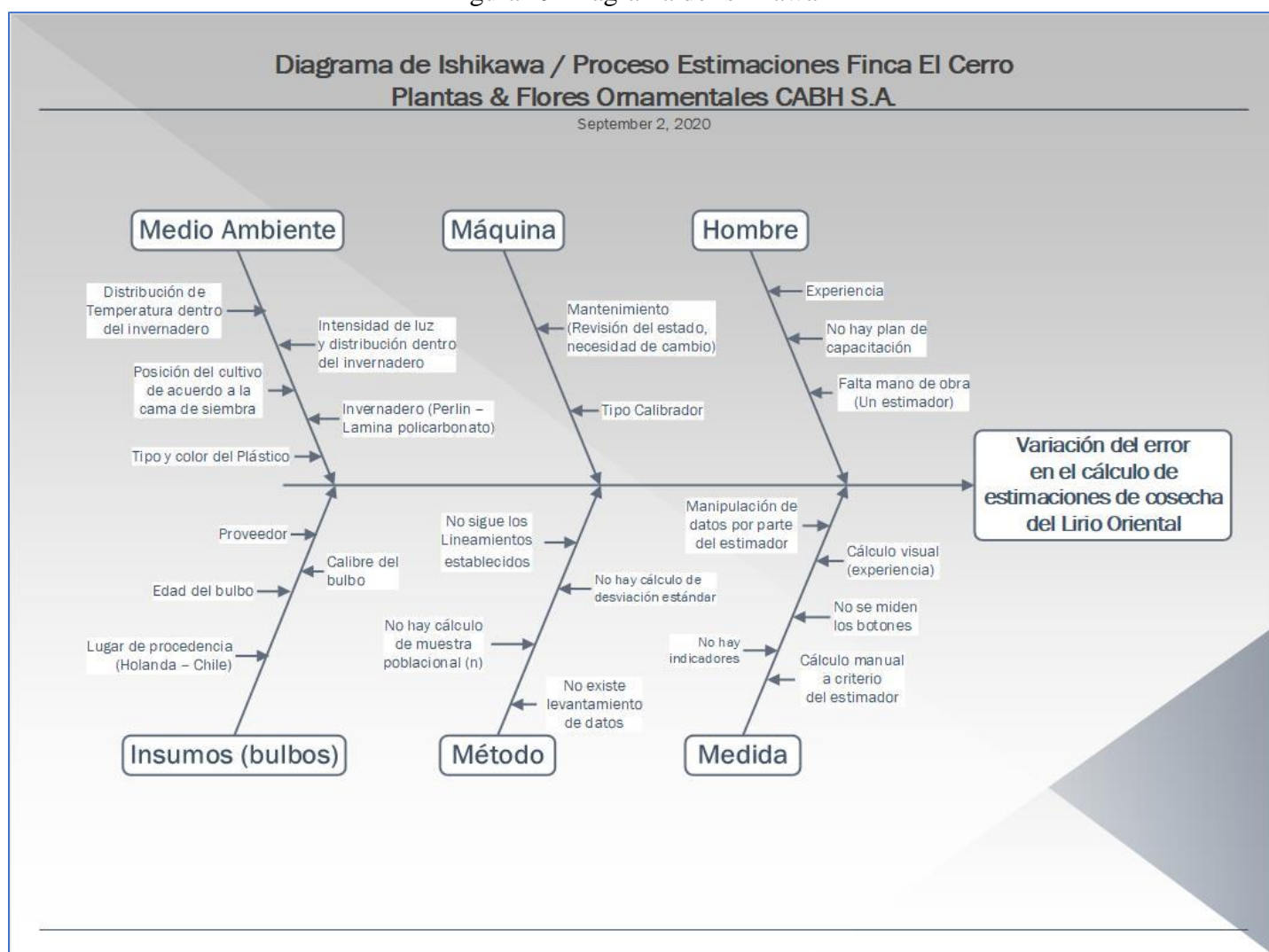
Nota: Ávila, Alejandra (2020). Elaboración propia

## Análisis Algoritmo de Klee y Pareto

Tal como se observa en la Figura 18, el método de estimación es el que criterio de mayor peso con un 41.24% y por ende el factor crítico que se tomará como base para la propuesta del modelo de muestreo y estimaciones de cosecha; el segundo en importancia es el factor climático con un 24.74% el cual veremos como un factor no controlable. Posteriormente tenemos falta de mano de obra, experiencia del estimador, técnica de medición e instrumento de medición representan un 10.31%, 9.28%, 8.25% y 6.19% respectivamente. Estas serán analizadas y contempladas de acuerdo con su nivel de crítico en el diseño de la propuesta.

## Diagrama de Ishikawa

Figura 19 Diagrama de Ishikawa



Nota: Ávila, Alejandra (2020). Elaboración propia

En la Figura 19 del diagrama de causa y efecto se considera que desde el punto de vista del factor “Método”, en el cual el modelo de cálculo se fundamenta de acuerdo con los conceptos estadísticos, puede resolver de mejor forma la variación del error en el cálculo de estimaciones de cosecha en la variedad de lirio oriental.

De manera similar el factor medida puede formar parte del alcance del diseño adecuado del método estadístico y de esta manera la ejecución de la correcta medición influirá de manera directa en la recolección de muestras-datos que permitan generar cálculos confiables que sirvan para una adecuada toma de decisión.

Con relación al factor hombre, es claro que la falta de personal influye de manera directa en la capacidad de poder cubrir la totalidad de las revisiones o muestreos requeridos por el modelo. Por lo que este factor deberá ser analizado detenidamente dentro del marco de la propuesta.

Para el factor de medio ambiente, se tiene factores climáticos que no es posible controlar y la inversión que se requiere supone un costo muy alto para la empresa. Sin embargo, estos factores deben ser considerados dentro del diseño, ya que influyen de manera directa en el comportamiento del crecimiento de las plantas y cualquier ser vivo.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En el presente capítulo se describe en detalle, todo lo referente a las conclusiones y recomendaciones, las cuales se sustentan en los resultados y hallazgos encontrados en el análisis de la situación actual descrita en el capítulo IV.

### **Conclusiones del Diagnóstico**

Con base en las observaciones y en la información suministrada por la empresa, se concluye que, la metodología para realizar la estimación de cosechas que se utiliza actualmente no cumple con las bases formales de un estudio estadístico (Inferencia Estadística), de las cuales se pueden citar:

- No existe un cálculo de muestra poblacional “n”. Este punto queda a discreción del estimador.
- Los conteos se realizan en desorden de una cama de siembra a otra.
- No se cumple con la metodología establecida por la empresa, la cual determina realizar un conteo en tres sectores de la cama de siembra (inicio, mitad y final).
- No se realizan mediciones del tamaño de los botones.
- Una sola persona es la encargada de realizar las estimaciones 1 y 2 de todos los invernaderos. Esto afecta de manera directa el proceso ya que no puede realizar adecuadamente y en el tiempo requerido todos los conteos, por lo que realiza un recorrido y cálculo basado en la observación y su experiencia. No en un cálculo matemático-estadístico.
- No existe una toma de muestras como tal y por ende no existe una tabulación de datos que permita generar una distribución de frecuencias, para un análisis posterior de los datos.
- No existe data histórica para comparación o comprobación de mediciones.
- No se contempla condiciones de posición de las camas, condiciones climáticas y otros factores que afectan directamente el crecimiento del botón dentro de los invernaderos.
- Un detalle muy importante que se debe mencionar es que, el personal de estimaciones cuenta con dispositivos electrónicos (Tablet), en el cual se carga el archivo de Excel de las curvas de crecimiento. Sin embargo, se anotan los datos en la palma de la mano debido a la incomodidad a la hora de realizar los conteos de botones.
- Se determinó que la proyección de cosechas depende de la experiencia del personal a cargo de realizar este proceso. Y como principal punto, debido a que el método de cálculo (fórmula) no

es el adecuado, genera un sesgo importante entre la estimación calculada por estimador y la cosecha real. Este error varía entre un 30% y 100% tal como lo muestra el extracto en Excel aportado por la empresa.

### **Recomendaciones**

- Se considera conveniente realizar un diseño de experimentos basado en un modelo factorial  $2^2$ . Que permita determinar si la posición de la cama dentro de invernadero influye en el crecimiento de botón. De acuerdo con la influencia de factores como la temperatura, luz, inclinación del terreno, tipo de techo y altura de este según el invernadero. Tal como menciona Vila (2009) en su tesis, la combinación de estos factores climáticos, estructurales y otros, crea un microclima dentro del invernadero cuya distribución no es uniforme ni controlable y que influye de manera directa en el comportamiento del crecimiento de estos individuos.
- Se recomienda realizar muestreos aleatorios individuales por cama de siembra de acuerdo con el lote, variedad, semana de siembra, proveedor, calibre de bulbo y edad del bulbo (viejo – nuevo). Para lo cual se debe considerar tamaño de muestra para poblaciones finitas (donde se desconoce la varianza poblacional), con el fin de determinar la desviación estándar por variedad, el coeficiente de variación y poder determinar un error de estimación máximo aceptado.
- Se considera de suma importancia desarrollar curvas de crecimiento de cosecha como parte fundamental para el diseño del modelo de cálculo de estimaciones. Un modelo de curvas de crecimiento debe ser complementado con un plan de actualización de medidas por variedad de acuerdo con la época de año, además, se debe tomar en cuenta individuos por lote, calibre del bulbo, proveedor, edad del bulbo y semana de siembra. Estas mediciones se deben registrar mediante anotaciones de medidas diarias en boletas de papel colocadas en los tallos de los individuos que se seleccionen. Este registro se debe ingresar a Excel y se debe subir a FlowerTech como parte de la base de datos de las curvas de crecimiento.
- Se recomienda la implementación de un modelo de muestreo y control estadístico que permita realizar cálculos de estimaciones acertadas y fundamentados en teoría estadística inferencial.
- Se recomienda crear un plan de capacitación de estimaciones, que permita transferir los conocimientos empíricos de la persona encargada a otros colaboradores que puedan dar soporte a este proceso en el momento requerido.

- Se recomienda la asignación de al menos dos personas adicionales que puedan dar soporte al proceso de estimaciones, dada la cantidad de invernaderos y camas de siembra por cada uno.
- Se recomienda el uso de un dispositivo que permita una adecuada portabilidad de la Tablet utilizada por el estimador en campo. Con respecto a este detalle, existe una oportunidad de mejora de gran valor, en la cual se puede aprovechar un mejor uso de este dispositivo, resolviendo adecuadamente el inconveniente que se genera por el tema de portabilidad y que permita utilizar este para el levantamiento de datos de muestreo de las medidas de los botones. Diseño de una aplicación descargable (app) para registro de muestras y que estas sean cargadas o subidas a FlowerTech.
- Se aconseja siempre realizar prácticas kaizen que permita desde el gemba, valorar la mejora continua y el valor agregado al proceso de estimaciones de la empresa Plantas y Flores Ornamentales CABH.

## CAPÍTULO VI: PROPUESTA

Para dar respuesta final a la propuesta de implementación del “Modelo de Muestreo y Control Estadístico de crecimiento del lirio (medida botón)”, una vez estudiada, medida y analizada la situación actual y con el conocimiento de las causas que generan la problemática, se realiza la siguiente propuesta con el fin de brindar una solución al problema, además de ello se elabora una evaluación económica y un plan de implementación.

La propuesta va dirigida al desarrollo de un modelo estadístico que permita obtener datos e información valiosa para la toma de decisiones, fundamentado en curvas de crecimiento de cosechas de acuerdo con la variedad, factores de posición en el invernadero, genética y tamaño de bulbo, procedencia, lote y proveedor.

Su enfoque principal es el de servir de herramienta complementaria (Control de Estimaciones como Modelo de datos – Dashboard Power BI), que pueda ser usado por el Departamento de Estimaciones en la empresa Plantas & Flores Ornamentales CABH, para generar informes de proyección de corta de acuerdo con la semana esperada (ciclo productivo de cada variedad), así como tomar las medidas necesarias de acuerdo con el comportamiento de la variedad.

Estas medidas van relacionadas con el comportamiento esperado de la curva de crecimiento, esto quiere decir que, si el porcentaje estimado corresponde a cosecha atrasada, indica necesariamente tomar medidas que permitan acelerar el crecimiento (estresar la planta), de manera que la respuesta obtenida permita reducir ese porcentaje en los días y semanas siguientes. Más adelante se hablará en detalles de estas medidas.

Como herramienta adicional, se propone el uso del gráfico de control  $\bar{X} - S$  para verificar la variabilidad en términos de media muestral y desviación estándar de las variedades en la cama de siembra con respecto de la medida del botón.

En primera instancia, es importante resaltar que en toda la fase de implementación se debe contar con el acompañamiento del Ingeniero Industrial y complementariamente del Ingeniero Agrónomo a cargo de la finca o en su defecto el encargado de estimaciones, ya que, el conocimiento técnico y de experiencia relacionado a las variedades y el terreno, es fundamental.

Posteriormente se propone realizar una reunión inicial de presentación del modelo e introducción del proyecto para iniciar con el plan, con las capacitaciones, las cuales deben ser

efectivas, ya que implica la implementación de dispositivos electrónicos y de portabilidad, uso de una aplicación creada a la medida para ser instalada en Table o celular; esto implica generar un flujograma del nuevo proceso en campo, metodología de tomas de muestras en camas de siembra, así como un plan de actualización de mediciones de botón por variedad de acuerdo con la época del año.

## **Diseño**

### Fase de preparación del modelo

Uno de los datos más importantes de aclarar antes de continuar con los detalles de la propuesta, es que el estudio y toma de muestreos se ha venido realizando desde febrero del año 2019, contemplando además los meses de marzo, abril, mayo, junio y agosto de dicho año. Adicional a esto se toman también varios muestreos realizado en los meses de febrero y marzo del 2020. La razón principal, obedece a que los ciclos de cosecha van de 12 a 22 semanas según la variedad del lirio y, por tanto, debe ser realizado con antelación y durante un periodo largo de tiempo.

El otro detalle importante, tal como se mencionó en el capítulo IV de diagnóstico, es que, el modelo de estimación utilizado por el Departamento de Estimaciones no es un modelo estadístico, no se hacen toma de medidas, no considera cálculos de tamaño de muestra y no existe un histórico de datos que pueda ser comparado partiendo de la teoría estadística. Por tal motivo, en esta sección se debe fundamentar las bases experimentales y cálculos necesarios para el diseño del modelo propuesto.

### Diseño de experimentos (modelo factorial $2^2$ )

Para efectos del presente trabajo final de graduación, se realiza una descripción detallada de la estructura del diseño de experimentos utilizado para determinar si la posición de la cama de siembra dentro del invernadero es un factor que influye en el crecimiento del botón, tomando en cuenta que la distribución de la temperatura no es uniforme, así como la inclinación del terreno.

Para esto, se toma como base un modelo factorial  $2^2$ , dicho diseño contempla los siguientes factores: la metodología de muestreo en la cama de siembra, así como de la influencia que tiene la posición de las camas de siembra dentro de un invernadero.

### Determinación del Tamaño de la Muestra

Para determinar el tamaño de la muestra, se determinó la utilización de la fórmula para poblaciones finitas, la cual se detalla en la Figura 20 dada a continuación.

Figura 20 Cálculo de tamaño de muestra poblaciones conocidas

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

En donde, N = tamaño de la población Z = nivel de confianza, P = probabilidad de éxito, o proporción esperada Q = probabilidad de fracaso D = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

Nota: [www.psymba.com](http://www.psymba.com) (2020)

La fórmula anterior está fundamentada, dado que la variable en estudio (tamaño botón - lirios orientales) hace referencia a una población conocida en cuanto a cantidad específica de bulbos (proveedor, lote y variedad), sembrados en una cama o camas de siembra, dentro de un invernadero. la cantidad máxima de individuos por cama lo determina el calibre del bulbo y la variedad (calculado por metro cuadrado).

En total son 6 invernaderos distribuidos tres zonas principales, una de las cuales tiene una inclinación importante y es donde se ubican en invernadero N.º 1 y N.º 2. Las otras dos zonas tienen cierto grado de inclinación, pero no tan pronunciado con esta primera, y al hablar del factor luz solar, la inclinación de acuerdo con la ubicación del invernadero jugó un papel importante, así como los materiales utilizados para la construcción de este, altura, tipo de techo y si están o no totalmente cerrados.

En la Figura 21 podemos observar la distribución de las camas de siembra dentro de uno de los invernaderos de finca El Cerro.

Figura 21 Camas de siembra dentro de un invernadero – Finca El Cerro



Nota: Ávila (2020). Foto Invernadero N.º 2

Debido a que la probabilidad de fracaso oscila entre 30% y 100% (de acuerdo con el error estimado en el capítulo de diagnóstico), se determinó tomar 50% como factor  $Q = \text{Probabilidad de fracaso}$ , y un error de 10% que corresponde al error esperado por el Departamento de Ventas, esto en términos de aplicación práctica para el diseño del experimento.

Para efectos del experimento, y basado en los resultados de los cálculos del tamaño de la muestra en los muestreos previos, el cálculo de  $n$  variaba entre  $n = 80$ ,  $n = 89$ ,  $n = 93$ , etc., por lo que se determinó utilizar  $n = 100$  como tamaño de muestra estándar.

En la Figura 22 se puede observar un ejemplo del cálculo del tamaño de la muestra para una cama de siembra con 2700 bulbos, este cálculo da como resultado un  $n$  de 93 individuos. Este cálculo se realiza de acuerdo con los bulbos sembrados por cama de siembra.

Figura 22 Cálculo de tamaño de muestra para 2700 individuos

CALCULO TAMAÑO DE MUESTRA FINITA	
Parametro	Insertar Valor
N	2 700
Z	1,960
P	50,00%
Q	50,00%
e	10,00%

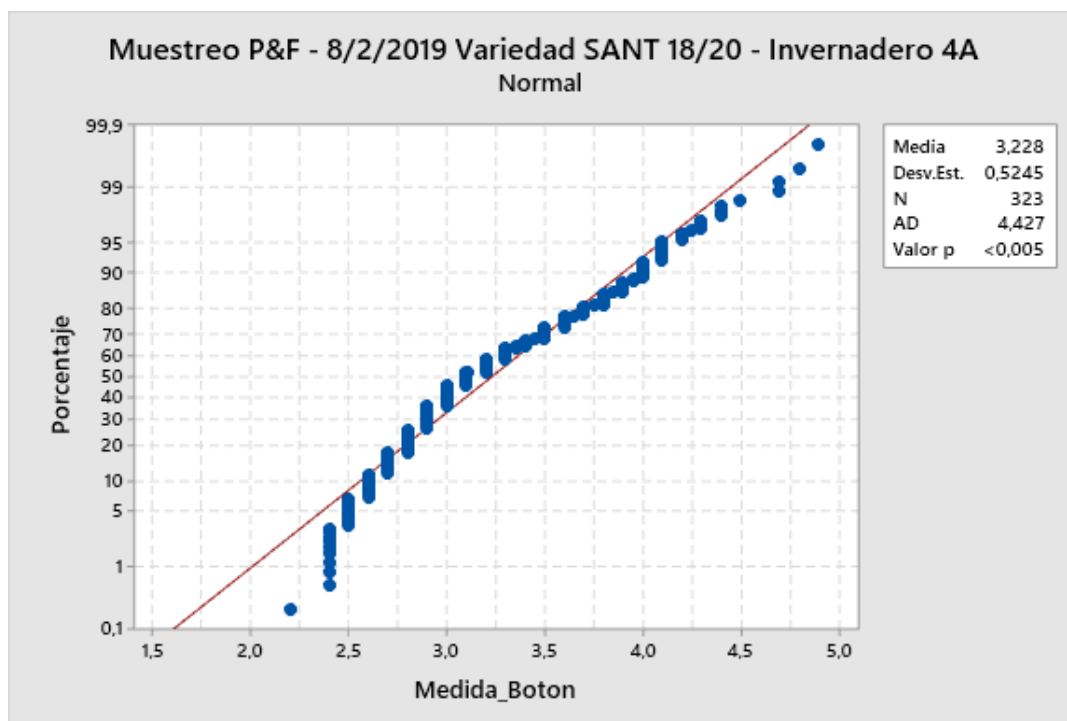
Tamaño de muestra  
"n" = 92,77

Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

### Resultados de los Muestreos Previos

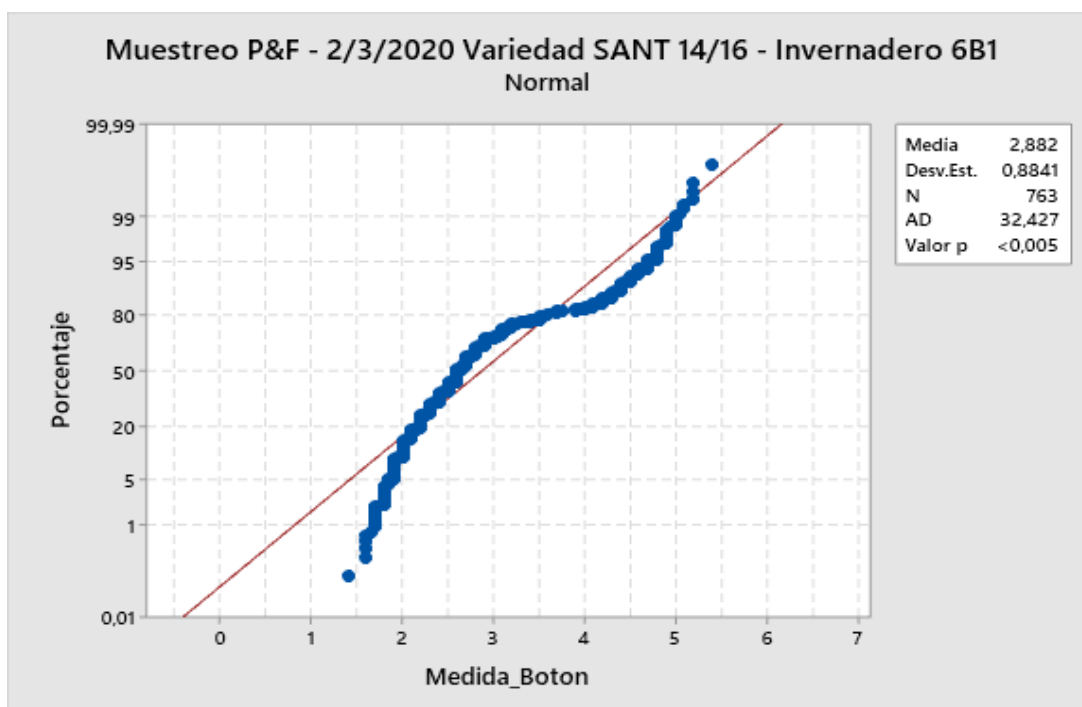
Dado que los análisis previos dieron como resultado un comportamiento normal de la población para lo cual en las figuras 23 a 25 se ilustran algunos extractos por variedad y fecha de muestreo. Además, se obtuvieron desviaciones estándar entre 0,19 y 0,94 y un coeficiente de variación entre 0,09 y 0,16, se decide hacer pruebas adicionales, pero utilizando un  $n = 45$ .

Figura 23 Gráfico Prueba Normal Variedad Santander 08/2/2019



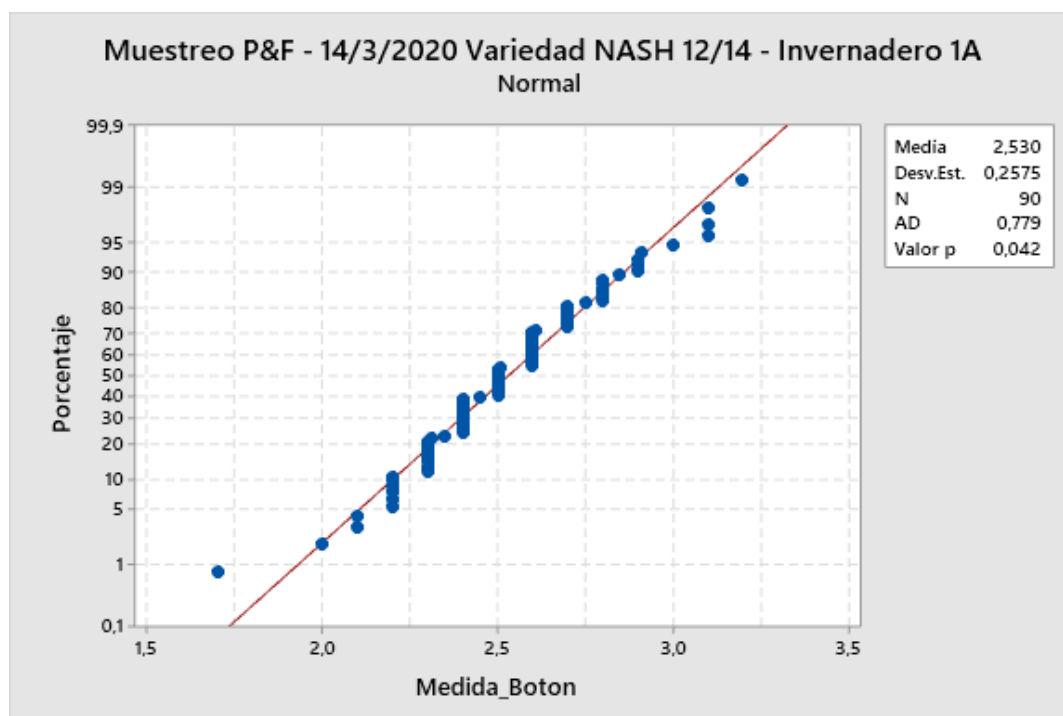
Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

Figura 24 Gráfico Prueba Normal Variedad Santander 02/3/2020



Nota: Ávila (2020). Elaboración propia

Figura 25 Gráfico Prueba Normal Variedad Nashville 14/3/2020



Nota: Ávila (2020). Elaboración propia

En la Figura 26 se pueden observar algunos de los resultados obtenidos con los datos de los años 2019 -2020, donde se muestra por variedad y periodo de muestreo los datos resultantes para desviación estándar y coeficiente de variación.

Figura 26 Resumen Análisis Estadísticos años 2019 - 2020

Variedad	Medida_Boton	Promedio	DesvEst	C.V.
LITO 14/16	408	2,09	0,19	0,09
NASH 14/16	646	3,23	0,52	0,16
NOVZ 18/20	292	4,46	0,37	0,08
SANT 14/16	582	2,81	0,39	0,14
SANT 18/20	326	5,05	0,51	0,10
SFIG 13/15	102	7,05	0,58	0,08
SUMM 12/14	110	5,69	0,94	0,16
ZAMB 14/16	330	6,97	0,74	0,11
ZAMB 16/18	292	1,99	0,22	0,11

Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

Estas nuevas pruebas dan como resultado datos de desviación estándar dependiendo de la variedad entre 0,19 y 0,94 y un coeficiente de variación entre 0,08 y 0,11. Lo cual indica que, usando 100 muestras o solo 45 muestras, es posible realizar los cálculos obteniendo resultados muy similares.

Con base en lo anterior, se corrieron varias pruebas para comparar si había influencia significativa al utilizar  $n = 100$  o  $n = 45$  y da como resultado que no hay una influencia importante por lo que es posible usar  $n = 45$  para realizar las estimaciones de cosecha.

Con respecto a la aplicación del diseño factorial  $2^2$ , se determinó utilizar  $n = 100$  para correr los muestreos con los métodos seleccionados, los cuales se describirán a continuación.

#### Determinación de la metodología de muestreo

Para este punto en específico y, dado que no fue posible comparar la metodología actual por las razones expuestas en el capítulo V, se determina aplicar dos metodologías para realizar la comparación, ambas basadas en cumplimiento de la teoría estadística en cuanto aleatoriedad de muestreo y cantidad de muestra.

Estos métodos son los siguientes:

Método recorrido.

Este método consiste en realizar, un recorrido a lo largo de la cama de siembra elegida (de principio a fin), y de manera aleatoria, hacer la toma de las medidas exactas del botón mayor por cada tallo seleccionado. El botón mayor, es aquel que determina el crecimiento o edad de la planta, es el más grande y se toma como el primer nodo de abajo hacia arriba en el tallo de la planta.

Método seccionado.

Este método consiste en dividir la cama de siembra en tres secciones iguales, una vez divididas se realiza el muestreo aleatorio, pero concentrado en cada zona en un área de 2 metros cuadrados por zona seleccionada. De la misma manera que el método anterior, se mide el botón mayor, el cual determina la edad de la planta y por ende manda en su crecimiento.

En la Figura 27 (botón mayor), se puede observar de una mejor manera, el concepto de botón mayor y su importancia a la hora de realizar las mediciones. Este botón debe ser tomado para realizar la toma de la medida, la razón principal es porque designa la edad de la planta.

Figura 27 Botón mayor



Nota: Ávila (2020). Foto ilustrativa

Bajo la premisa de que “Un modelo fenológico es aquel que permite predecir el tiempo en que ocurre un evento en el desarrollo de un organismo, la fenología hace parte de la meteorología que investiga las variaciones atmosféricas de la vida animal y de las plantas. Por lo tanto, el comportamiento de las plantas dentro del invernadero es diferente dependiendo del sitio donde estén situadas dentro de éste, ya que el calor acumulado no es igual en toda el área del invernadero, este calor acumulado se conoce como tiempo fisiológico, o en una forma más técnica como grados-día.”. (Vila, 2009)

Con el fin de correr el experimento y comprobar si la posición tiene influencia importante en la variable de respuesta, que para nuestros efectos es la medida del botón, se determina tomar en cuenta este factor para la realización del diseño del experimento. Esto debido a que el microclima generado dentro de un invernadero es totalmente diferente dependiendo de la zona donde se ubique la cama de siembra.

Se tomó como piloto de prueba el invernadero N.º 1B (zona central). Cabe destacar que dicho invernadero está ubicado en el área de mayor inclinación que tiene finca El Cerro y por ende el sol da más fuerte en la parte superior del terreno.

Esta zona central se dividió en dos subzonas y son:

**Zona Izquierda:** dada la posición, esta zona es la parte inferior (abajo) del invernadero.

**Zona Derecha:** dada la posición, esta zona es la parte superior (arriba) del invernadero.

### **Diseño del modelo factorial 2<sup>2</sup>**

El diseño del modelo factorial descrito, se toma en cuenta dos niveles y dos factores los cuales se describen a continuación:

Posición:

1. Nivel Bajo (Izquierda)
2. Nivel Alto (Derecha)

Método:

1. Recorrido
2. Seccionado

Variable de respuesta:

- Medida de botón.

Repeticiones:

- Se determina un total de 10 repeticiones.

Metodología:

Se aplica la misma metodología para cada método de muestreo.

1. Planteamiento de la hipótesis nula ( $H_0$  y  $H_a$ ).
2. Se debe tomar en cuenta como factor crítico “cosecha atrasada”. Y para esto, se recolectan  $n = 100$  en grupos de 10 muestras, para un total de diez repeticiones.
3. Se realiza un conteo de todos aquellos botones dentro de la clasificación descrita.
4. Se construye la tabla del modelo factorial  $2^2$ .
5. Se asigna la nomenclatura de yates.
6. Construir ANOVA.
7. Interpretar los resultados.

Resultados del experimento

A continuación, se presentan los resultados del diseño de experimentos planteado.

1. Planteamiento de la hipótesis:

<u>A</u>	<u>B</u>	<u>AB</u>
Ho: Efecto A = 0	Ho: Efecto B = 0	Ho: Efecto AB = 0
HA: Efecto A $\neq$ 0	HA: Efecto B $\neq$ 0	HA: Efecto AB $\neq$ 0

2. Tabla del modelo: en la siguiente tabla se presentan los resultados de los conteos de botones, tomando en cuenta su medida y clasificación según criterio “Cosecha atrasada”.

Esta clasificación hace referencia a los botones por debajo del rango de cosecha en semana esperada.

**Tabla 7** Tabla cálculo modelo factorial 2<sup>2</sup>

Posición	Método	A	B	X1	X2	Crecimiento Botón										Total	Yates	Promedio
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Bajo (Izq)	Recorrido	-	-	-1	-1	10	10	10	10	9	10	10	8	7	10	94=(1)	1	9.4000
Alto (Der)	Recorrido	+	-	+1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1=(1)	a	0.1000
Bajo (Izq)	Seccionado	-	+	-1	+1	10	10	8	9	10	9	9	10	10	10	95=(1)	b	9.5000
Alto (Der)	Seccionado	+	+	+1	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0=(1)	ab	0.0000

**Nota:** Ávila (2020). Elaboración propia.

#### Efectos Estimados

$$A = (1/2n) [a + ab - b - (1)] = -9.40$$

$$B = (1/2n) [b + ab - a - (1)] = 0.00$$

$$AB = (1/2n) [ab + (1) - a - b] = -0.10$$

n =	10	Alfa	0.0500
-----	----	------	--------

### 3. ANOVA

A continuación, se detalla los resultados de la ANOVA y el porcentaje de  $R^2$  y  $R^2$  ajustado.

Tabla 8 Cálculo del Anova

ANOVA						
FV	SC	GL	CM	F0	Valor - p	Criterio de Rechazo
A	883.60	1	883.60	2,013.27	0.0000	Se Rechaza Ho
B	0.00	1	0.00	0.00	1.0000	No se rechaza Ho
AB	0.10	1	0.10	0.23	0.6360	No se rechaza Ho
Error	15.80	36	0.44			
Total	899.50	39	23.06			
R2	98.24%	R2 adj	98.10%			

**Nota:** Ávila (2020). Elaboración propia.

**Interpretación:** con base en los resultados mostrados por la ANOVA se concluye que la posición (factor A), tiene una influencia significativa en cuanto al crecimiento del botón.

Esto se confirma al realizar los cálculos de  $R^2$  y  $R^2$  ajustado donde la posición tiene una influencia del 98.24% y del 98.10% respectivamente.

#### 4. Gráfico Efecto principal de A (posición)

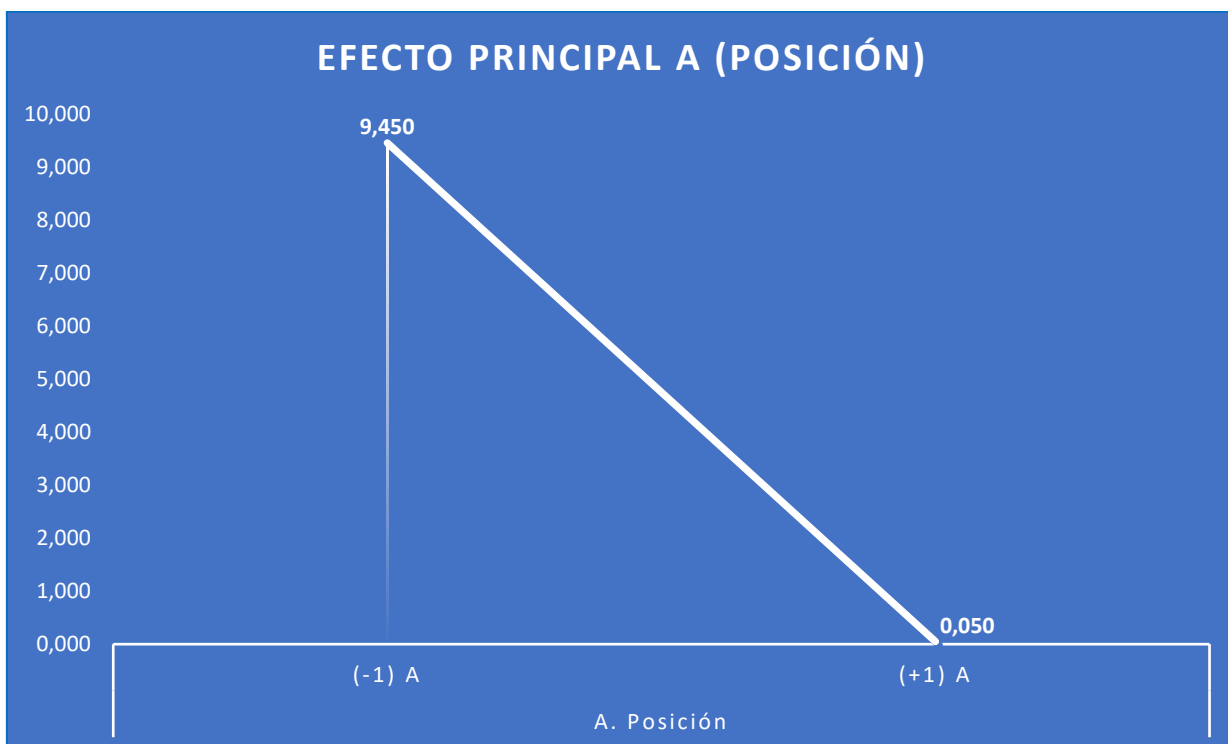
A continuación, en la *Tabla 9* se presenta gráficamente el efecto del factor A (posición) en cuanto a la variable de respuesta medida del botón:

Tabla 9 Efecto principal A

Efecto Principal A		
A. Posición	(-1) A	9.450
	(+1) A	0.050

Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

Figura 28 Gráfico efecto principal A (posición)



Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

**Interpretación:** con base en el gráfico que representa el efecto principal A, se puede concluir que la zona izquierda (bajo), influye significativamente en el crecimiento del botón. Esta zona tiende a retrasar las cosechas. La zona presenta sombra de árboles, sarán y la inclinación del terreno generan un microclima más fresco que la zona derecha.

#### Determinación de la metodología de muestreo en la cama de siembra

De acuerdo con los resultados obtenidos por los métodos de muestreo (Recorrido o Seccionado), es importante resaltar que, a pesar de que no se evidencian grandes diferencias, sí es importante apuntar que el crecimiento en la cama de siembra no es uniforme y más importante aún, cada cama de siembra se comporta diferente. Por tal motivo, el realizar un muestreo seccionado podría sesgar los resultados, ya que, concentra el muestreo por áreas específicas, lo cual puede dejar de lado individuos o áreas importantes de considerar en la recolección de los datos.

Por tanto, se recomienda realizar un muestreo de “**Recorrido**” a lo largo de la cama para que cualquiera de los individuos tenga la posibilidad de ser elegido, de acuerdo con el principio de aleatoriedad. Se debe, considerar el efecto borde mencionado en los capítulos anteriores, donde se indica que el muestreo se realiza 10 cm del borde de la cama hacia el interior.

#### Determinación de las curvas de crecimiento por variedad (medida del botón)

Una de las piezas más importantes en cuanto a parámetro de información y médula principal para la elaboración del modelo de control estadístico, es precisamente las curvas de crecimiento por variedad. Estas curvas se fundamentan en la medición del tamaño del botón de individuos seleccionados aleatoriamente, tomando en cuenta variedad, calibre del bulbo, lote y semana de siembra, así como también invernadero y cama de siembra.

En palabras muy sencillas, consiste en una medición diaria de los tamaños del botón durante todo el periodo de vida (desde que el botón tiene tamaño para poder ser medido) y hasta su cosecha o corta. Dado que en finca El Cerro, la información de curvas tiene un trabajo de actualización más robusto que en las otras fincas que forman parte de la empresa Plantas & Flores Ornamentales CABH, se toman inicialmente de base para la construcción del parámetro principal del modelo estadístico.

Un detalle muy importante de mencionar es que las curvas obtenidas en esta zona en particular pueden ser usadas únicamente en la zona descrita, recordemos que la temperatura y las características climáticas son específicas de cada zona geográfica. Lo que quiere decir que las curvas de crecimiento usadas para finca El Cerro no pueden ser usadas en ninguna otra finca, estas deben de ser construidas individualmente, de acuerdo con su ubicación geográfica y estación climática (época y meses del año).

En la *Tabla 10* podemos observar las curvas originales tomadas como base para el modelo, y que posteriormente, toman formato de tabla de datos.

Tabla 10 Curvas de crecimiento finca el Cerro (extracto)

											52							51		
	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24
Nova CHILENOS	2,6	2,7	2,5	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7	3,8	4,1	4,2	4,3	4,5	4,6	5,0	5,3	5,5
Nova VDB				2,3	2,4	2,5	2,6	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,7	3,8	4,0	4,2	4,4	4,5	
Nova Steen	2,0	2,0	2,7	2,7	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,7	3,9	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
Santander Octubre 14/16	1,5	1,6	1,7	1,5	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,3	3,4	3,6	3,8	4,0
Santander 16/18 concep	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5	3,7	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6
Zamb	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,4	2,7	2,8	3,0	3,1	3,2	3,4	3,6	3,7	3,9	4,0	4,1	4,2
Mote					2,7	2,8	2,9	2,9	3,1	3,2	3,3	3,5	3,6	3,8	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,6
Sibe		2,2	2,3	2,0	2,5	2,6	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	4,0	4,2	4,3
Amarossi	1,0			1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,1	3,3	3,4	3,6	3,7	3,9
Carb												2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9	3,0	3,1	3,4
LA MA				3,0	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,1	4,3	4,4	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	5,6	5,8	5,9
SF steen octubre	2,0	2,2	2,3	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,9	4,0	4,2	4,3	4,4	4,6	4,7
Tarrango		1,0	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4
FASTRADA											1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,0
DEIMPAC	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,8	4,0	4,2	4,3	4,5
Meno					0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
Ind										1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,1	2,3	2,5

Nota: Curvas Finca el Cerro (2018)

Tal como se observa en la tabla anterior, se listaron las variedades más importantes y de mayor rotación en ventas. En la columna de “Variedad” se detallan los nombres en formato *nickname* y en las columnas numéricas se detalla los días calendario durante los cuales se hicieron las mediciones.

Esta tabla (extracto), es únicamente para ilustrar las medidas diarias tomadas en un periodo de tiempo que data de más de 5 años. Donde, solo algunas variedades han tenido un trabajo de actualización de medidas, pero no es verificable, ya que tampoco hay históricos que puedan ser comparados o revisados.

#### Fase de diseño e implementación del modelo

En esta fase se diseña y construyen la base de los cálculos, así como los parámetros que permitirán el adecuado funcionamiento del modelo de datos.

### Curvas de crecimiento del modelo de muestreo y control estadístico

Tal como se ha venido comentando, fue necesario hacer una revisión de la información relacionada con las curvas de crecimiento. Debido a que las características propias de los invernaderos de la finca El Cerro no permiten tener un ambiente del todo controlado, fue necesario variar la idea original de toma de temperaturas como parte del modelo “Grados Día Acumulado”. En su lugar, fue necesario retomar las curvas existentes y realizar un trabajo importante de actualización de estas medidas que permitiera su revisión y mantenimiento a través del tiempo.

En la *Figura 29*, se puede observar la estructura de los invernaderos utilizados para siembra en la finca El Cerro. Estas estructuras están formadas en perlin, láminas de policarbonato, sarán y plástico en algunas de sus zonas. Son abiertos en la parte superior de los techos y en sus alrededores, lo cual genera una variación muy importante de temperatura y distribución de luz en todas sus zonas internas.

Figura 29 Invernadero N.º 2 Finca El Cerro



Nota: Ávila (2020) Foto ilustrativa.

Continuando con lo relacionado a las curvas, esta hoja de Excel fue transformada en tabla de base de datos, con el fin de poder diseñar el modelo de datos, de manera tal que pudiesen ser actualizadas mediante una toma de medidas diarias, utilizando un machote sencillo en Excel (Boleta de Control de curvas de crecimiento), las cuales se colocan en el tallo de los individuos seleccionados y donde diariamente el encargado del invernadero mide y anota la medida del botón.

La medición se hace tal como se detalló anteriormente (desde que el botón puede ser medido – aproximadamente en semana 8 después de siembra y hasta el día de corta).

Una vez finalizado el periodo de medición, las boletas se le pasan al encargado de estimaciones para que de manera sencilla las digite en el formato de Excel y sean subidas a la base de datos de FlowerTech.

En la *Tabla 11 Control de Curvas de crecimiento* se observa el machote de control de curvas y en las *Figura 30* y *Figura 31* se observa la colocación de esta boleta en el tallo de uno de los individuos en la cama de siembra y la anotación de la medida.

Tabla 11 Control de Curvas de crecimiento

<b>Finca El Cerro</b>			
<b>Control de curvas de crecimiento</b>			
Var	SS	SC	Grad
Lote	Inver	Provee	Conte
Fecha	Med	Fecha	Med

Nota: Ávila (2020) Elaboración propia.

Figura 30 Control de medición en cama de siembra

Alan Kichón			
Var	SS	SC	Grad
	31	47	14-16
Lote	Inver	Prover	conte
5510	1A	Alan	25
Fech	Med	Fech	Med
1-10	2-0	1-11	5-6
2-10	2-1		
3-10	2-2		
4-10	2-3		
5-10	2-4		
7-10	2-55		
8-10	2-6		
9-10	2-7		
10-10	2-8		
11-10	2-9		
12-10	2-10		
1-11	2-11		
2-11	2-12		
3-11	2-13		
4-11	2-14		
5-11	2-15		
6-11	2-16		
7-11	2-17		
8-11	2-18		
9-11	2-19		
10-11	2-20		
11-11	2-21		
12-11	2-22		
1-12	2-23		
2-12	2-24		
3-12	2-25		
4-12	2-26		
5-12	2-27		
6-12	2-28		
7-12	2-29		
8-12	2-30		
9-12	2-31		
10-12	2-32		
11-12	2-33		
12-12	2-34		
1-13	2-35		
2-13	2-36		
3-13	2-37		
4-13	2-38		
5-13	2-39		
6-13	2-40		
7-13	2-41		
8-13	2-42		
9-13	2-43		
10-13	2-44		
11-13	2-45		
12-13	2-46		
1-14	2-47		
2-14	2-48		
3-14	2-49		
4-14	2-50		
5-14	2-51		
6-14	2-52		
7-14	2-53		
8-14	2-54		
9-14	2-55		
10-14	2-56		
11-14	2-57		
12-14	2-58		
1-15	2-59		
2-15	2-60		
3-15	2-61		
4-15	2-62		
5-15	2-63		
6-15	2-64		
7-15	2-65		
8-15	2-66		
9-15	2-67		
10-15	2-68		
11-15	2-69		
12-15	2-70		
1-16	2-71		
2-16	2-72		
3-16	2-73		
4-16	2-74		
5-16	2-75		
6-16	2-76		
7-16	2-77		
8-16	2-78		
9-16	2-79		
10-16	2-80		
11-16	2-81		
12-16	2-82		
1-17	2-83		
2-17	2-84		
3-17	2-85		
4-17	2-86		
5-17	2-87		
6-17	2-88		
7-17	2-89		
8-17	2-90		
9-17	2-91		
10-17	2-92		
11-17	2-93		
12-17	2-94		
1-18	2-95		
2-18	2-96		
3-18	2-97		
4-18	2-98		
5-18	2-99		
6-18	2-100		

Nota: Ávila (2020). Foto Ilustrativa.

Figura 31 Medición en campo – Curvas de crecimiento



Nota: Ávila (2020). Foto ilustrativa.

De lo mostrado en las figuras anteriores (fotos ilustrativas), se realizó un trabajo importante en campo para los meses comprendidos en el periodo 2019-2020, que van de julio-2019 hasta marzo-2020. Se levantaron mediciones para actualizar las curvas del modelo de datos y se subieron al software FlowerTech, estas forman parte de la médula del modelo del presente trabajo final de graduación.

Tal como menciona Méndez (2015), en su publicación *Edad Fisiológica de los Cultivos: El uso de Grados Día “se pueden utilizar los valores de un cultivo de su misma familia botánica”*. Por tanto y debido a que, estas curvas aún se encuentran en proceso de construcción, se toman los mismos valores de la variedad sin importar el calibre. En este caso no se toman temperaturas, en su defecto se mide y anota el crecimiento del botón de varios individuos durante su periodo de vida hasta su corta.

Para ilustrar de manera adecuada el resultado de las nuevas curvas, en la *Tabla 12* se detalla un extracto de las curvas reales (data base) utilizadas para el presente proyecto. Estas contemplan el nombre de la variedad y el calibre, así como la información por lote, proveedor, semana de siembra, invernadero y otros descritos anteriormente.

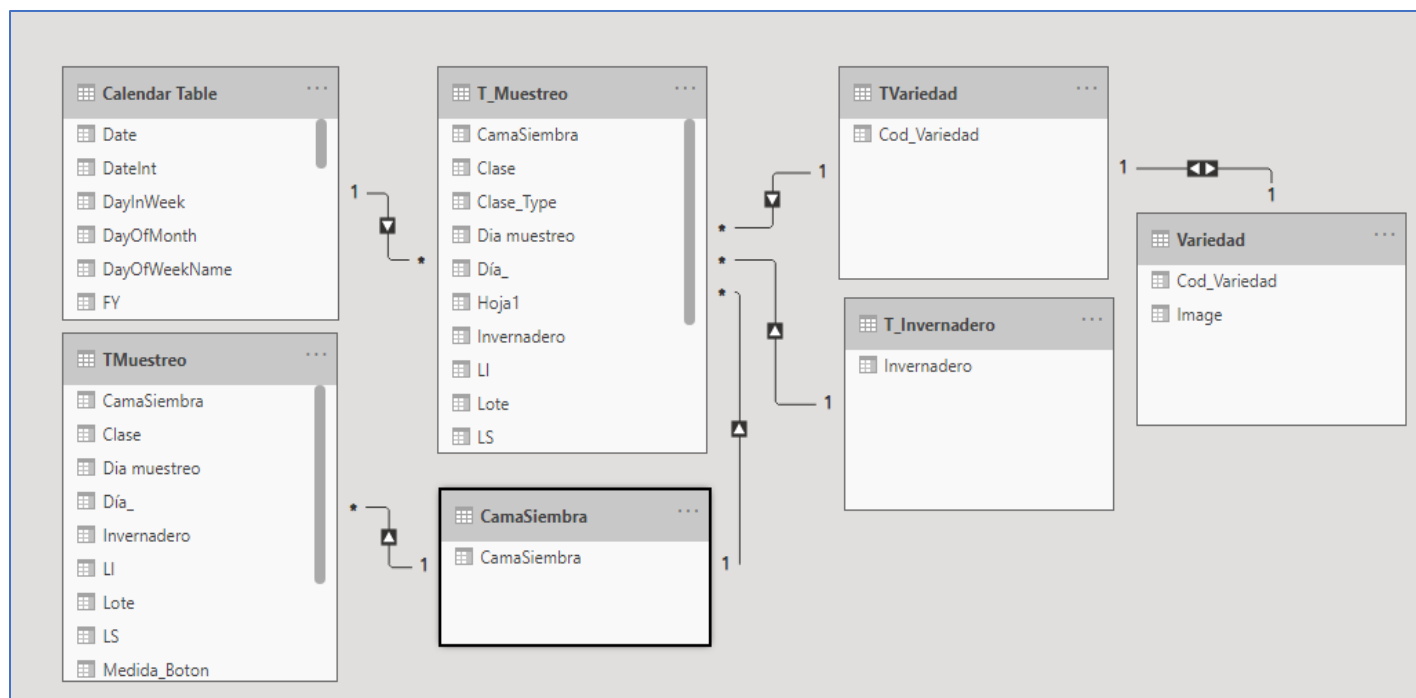
Tabla 12 Tabla Curvas de crecimiento por variedad y calibre (extracto)

Nombre Variedad	Cod. Variedad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
AMAROSSI	AMAR 14/16	11,8	11,2	10,3	9,3	8,6	8,2	7,9	7,5	7,1	6,8	6,5	6,3	6,2	6
AMAROSSI	AMAR 16/18	11,8	11,2	10,3	9,3	8,6	8,2	7,9	7,5	7,1	6,8	6,5	6,3	6,2	6
AMAROSSI	AMAR 18/20	11,8	11,2	10,3	9,3	8,6	8,2	7,9	7,5	7,1	6,8	6,5	6,3	6,2	6
EREMO	EREM 10/12	9,60	8,30	7,50	6,90	6,00	5,50	5,10	4,70	4,50	4,35	4,20	4,00	3,80	3,60
EREMO	EREM 11/12	9,60	8,30	7,50	6,90	6,00	5,50	5,10	4,70	4,50	4,35	4,20	4,00	3,80	3,60
EREMO	EREM 12/14	9,60	8,30	7,50	6,90	6,00	5,50	5,10	4,70	4,50	4,35	4,20	4,00	3,80	3,60
EREMO	EREM 13/14	9,60	8,30	7,50	6,90	6,00	5,50	5,10	4,70	4,50	4,35	4,20	4,00	3,80	3,60
EREMO	EREM 14/16	9,60	8,30	7,50	6,90	6,00	5,50	5,10	4,70	4,50	4,35	4,20	4,00	3,80	3,60
INDIAN SUMMER	SUMM 10/12	9,54	8,73	7,95	7,26	6,71	6,23	5,87	5,57	5,30	5,00	4,76	4,53	4,33	4,12
INDIAN SUMMER	SUMM 12/14	9,54	8,73	7,95	7,26	6,71	6,23	5,87	5,57	5,30	5,00	4,76	4,53	4,33	4,12
INDIAN SUMMER	SUMM 13/15	9,54	8,73	7,95	7,26	6,71	6,23	5,87	5,57	5,30	5,00	4,76	4,53	4,33	4,12
INDIAN SUMMER	SUMM 14/16	9,54	8,73	7,95	7,26	6,71	6,23	5,87	5,57	5,30	5,00	4,76	4,53	4,33	4,12
INDIAN SUMMER	SUMM 16/18	9,54	8,73	7,95	7,26	6,71	6,23	5,87	5,57	5,30	5,00	4,76	4,53	4,33	4,12
LITOUWEN	LITO 10/12	9,20	8,40	7,80	7,20	6,80	6,20	5,80	5,50	5,20	5,00	4,80	4,60	4,40	4,20
LITOUWEN	LITO 11/12	9,20	8,40	7,80	7,20	6,80	6,20	5,80	5,50	5,20	5,00	4,80	4,60	4,40	4,20
LITOUWEN	LITO 12/14	9,20	8,40	7,80	7,20	6,80	6,20	5,80	5,50	5,20	5,00	4,80	4,60	4,40	4,20
LITOUWEN	LITO 13/14	9,20	8,40	7,80	7,20	6,80	6,20	5,80	5,50	5,20	5,00	4,80	4,60	4,40	4,20
LITOUWEN	LITO 14/16	9,20	8,40	7,80	7,20	6,80	6,20	5,80	5,50	5,20	5,00	4,80	4,60	4,40	4,20

Nota: Ávila (2020). Elaboración propia

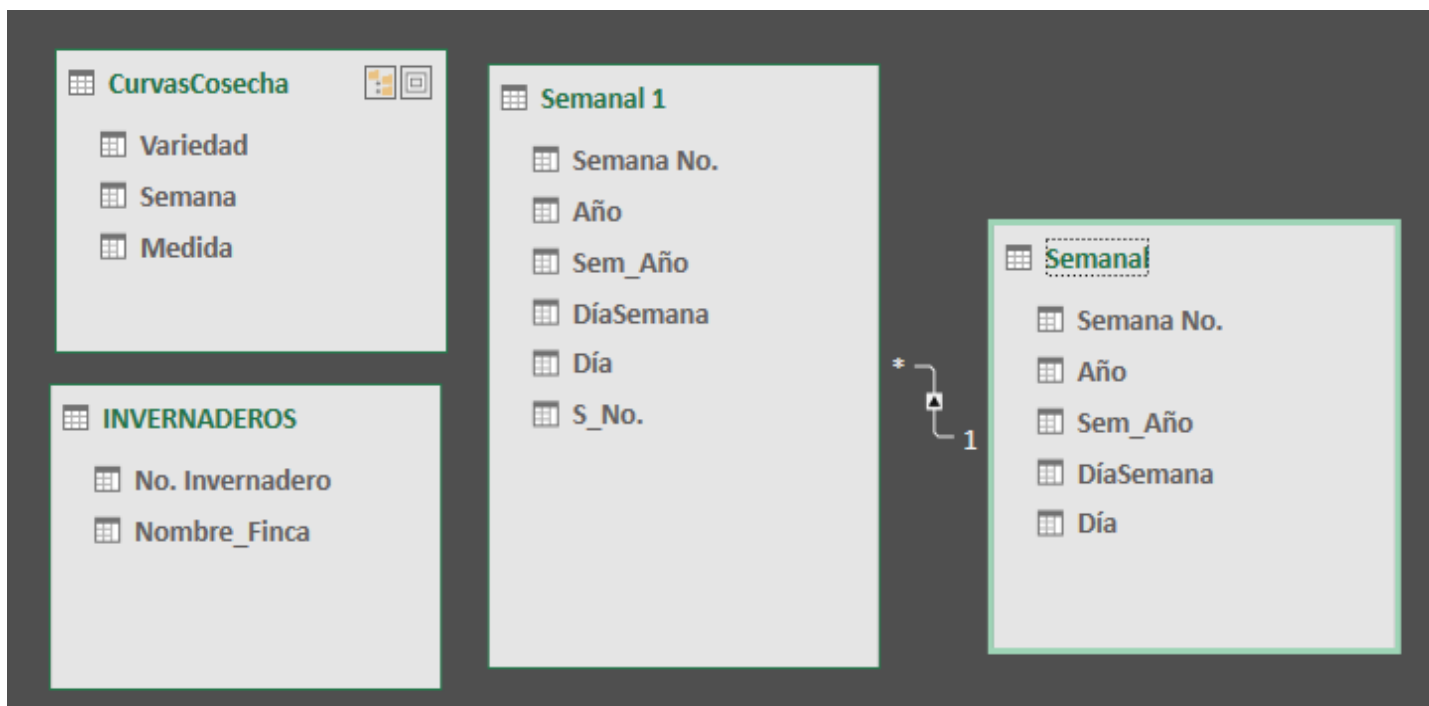
En la *Figura 32* y *Figura 33*, se muestra el modelo de datos construido con la herramienta Microsoft Power BI y que se detallará más adelante en el desarrollo de la presente propuesta. Dicho modelo es una simulación de bases de datos conectadas, donde se considera la tabla de curvas para establecer los límites Inferior y Superior que permitan establecer clases de cosechas.

Figura 32 Modelo de datos – MS Power BI



Nota: Ávila (2020). Elaboración propia

Figura 33 Curvas de Crecimiento – Modelo Base de Datos



Nota: Ávila (2020). Elaboración propia

Tal como se observa en las figuras anteriores, podemos visualizar de manera concreta cómo se ve y funciona un modelo de bases de datos conectadas. Este tipo de manejo de información permite crear todo tipo de modelos analíticos/estadísticos basados en datos reales, de manera que podamos realizar un análisis confiable a la hora de tomar decisiones.

#### Construcción del modelo estadístico y clases de cosecha.

Para poder entender de una mejor manera el funcionamiento del modelo, debemos explicar detalladamente el diseño o conformación de los límites inferiores y superiores que dan sentido a la clasificación de las tres clases principales de cosecha. Por lo que, a continuación, se explicará paso a paso la determinación de esta clasificación, así como la construcción de los que designaremos como límites del modelo.

#### Designación de las clases.

Dentro de la determinación de las clases o clasificaciones de cosechas, podemos mencionar tres grupos específicos, los cuales son caracterizados o han sido designados por la empresa para determinar las acciones a tomar.

Retomando los conceptos de ciclos de cosecha, debemos tomar en cuenta que cada variedad tiene una cantidad de semanas dentro de las cuales se cumplen sus ciclos fenológicos, estos ciclos van de 12 a 24 semanas dependiendo de la variedad. Esto implica que el plano de siembra toma en cuenta el ciclo de la variedad para realizar las siembras en campo y por tanto, dependiendo de la semana de siembra (SS), se determina la semana de cosecha (SC) o semana esperada para corta.

Estos grupos se describen a continuación:

1. **Cosecha Atrasada:** la cosecha atrasada es aquella en la que la medida del botón o su tamaño (medida en centímetros), es menor al esperado en una semana o día específico de acuerdo con las curvas de crecimiento de esa variedad. Se encuentra por debajo del límite inferior establecido por las curvas.
2. **Cosecha Rango Esperado:** esta categoría corresponde a la cosecha cuya medida de botón está dentro de las medidas esperadas de acuerdo con las curvas de crecimiento. Se mantiene dentro de los límites inferior y superior.
3. **Cosecha Adelantada:** esta categoría corresponde a la cosecha cuya medida de botón está por encima de las medidas esperadas de acuerdo con las curvas de crecimiento.

### Designación de código de colores para toma de acciones

De acuerdo con la clasificación de clases anterior, se designa un código de color que permita identificar las acciones dependiendo de la distribución porcentual de la cosecha en la cama de siembra.

1. Color Rojo: este color es asignado a la clase designada como “Cosecha Atrasada” y dependiendo del porcentaje dado por el muestreo realizado en la cama de siembra, el estimador coloca un listón rojo en la etiqueta de la cama para alertar al encargado de siembra que se tomen las medidas necesarias para ayudar a acelerar el crecimiento de los tallos.
2. Color Amarillo: este color es asignado a la clase designada como “Cosecha Adelantada” y corresponde a cosecha que se estima para corta al menos una semana antes de la semana esperada. Este código de color indica que se espera un inventario de tallos mayor y por ende es posible que sea necesario considerar espacio adicional en las cámaras frías.
3. Color Verde: este color es asignado a la cosecha designada como “Cosecha Rango Esperado” e indica al encargado de siembra que los tallos se estiman ser cosechados en la semana esperada, de acuerdo con el plano de siembra.

### Acciones Necesarias

Las acciones necesarias, son aquellas que deben aplicarse como medida urgente para ayudar a la planta a acelerar su crecimiento. En este caso está relacionado con aumentar la temperatura y entrada de luz a la zona del invernadero donde se identifica que las cosechas vienen atrasadas.

Estas medidas se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. Lavar techos: en este caso se procede a lavar los techos de la zona identificada para permitir una mejor entrada de luz al invernadero.
2. Bajar plástico: en este caso se despliega una cortina de plástico transparente para calentar una zona específica del invernadero.
3. Colocar sarán: en este caso el sarán ayuda en caso de oscurecer la zona y enfriar un poco un área del invernadero, se usa más en caso de querer retrasar el crecimiento de la planta.

4. Prender bombillos en la noche: en este caso se coloca a lo largo de la cama de siembra un cable con bombillos de luz amarilla, los cuales se encienden en la noche para calentar la zona identificada como cosecha atrasada.
5. Riego controlado: esto implica suspender el riego por varios días en la zona identificada, y luego incrementarlo en los días posterior. Esto permite estresar la planta de manera tal que experimenta un crecimiento acelerado para los días siguientes.

Determinación de los límites o rangos del modelo.

Para determinar la medida mínima (límite inferior) y la medida máxima (límite superior) del modelo, se debe considerar que los muestreos o revisiones de las cosechas se realizan una vez a la semana, y consideran un rango de 7 días que van de viernes a jueves (por ejemplo).

El rango de medida estática utilizada en campo para realizar los conteos de botón mayor y menor determinado en el modelo que actualmente utiliza la empresa no implementa la medición del botón. Por tanto, para el diseño del modelo propuesto se consideran los mismo 7 días y se toma la medida del primer día de la semana anterior como límite inferior, de manera que la medida del día de la semana actual se toma como límite superior. Esto se explica de una mejor manera en la determinación de los límites.

A manera de ejemplo y continuando con la variedad cuyo ciclo es de 12 semanas, si la revisión se realiza en semana 11, se asume que falta una semana para corta, siempre que el clima (temperatura) haya sido la ideal. En cuanto a días son 7 y siguiendo la dinámica se toma el sábado de la semana anterior (7 días atrás) como medida inferior y el viernes de la semana actual como medida superior.

Generalmente para las variedades de Lirios Orientales cosechados en la Finca El Cerro, los días transcurridos posterior a que aparece el botón y este se puede medir, tienen un promedio de entre 30 y 46 días, esto es entre 4 y 6.5 semanas. Esto quiere decir que, si la variedad tiene un ciclo de 12 semanas, en la semana 8 se puede iniciar con las revisiones. Ya que, posterior a la semana 8, se puede ver el botón y se puede medir de manera cuidadosa (esto si la variedad es de 12 semanas de ciclo de cosecha). Los días se ven en cuenta regresiva y no en aumento.

1. **Límite Inferior:** para determinar el límite o medida mínima del botón según los días que faltan para corta, se toma la tabla de curvas de crecimiento y dependiendo de la semana en

que se realice la revisión (días), toma en cuenta las semanas transcurridas posterior a la semana de siembra (SS). Tomo el día de la revisión y considero 6 días hacia atrás para completar los 7 días del rango de semana, la tabla va a contener la medida estimada y es la se considera como la medida mínima estimada.

2. **Límite Superior:** de la misma manera que el caso anterior, el día actual de estimación considerando los días que faltan para cosecha se toma como la medida máxima estimada del botón, este dato es dado por la tabla de curvas de acuerdo con la variedad.

Suponiendo que se está revisando 14 días antes de cosecha (2 semanas), para la variedad Nashville (calibre 12/14), la medida máxima del botón es 5.00 cm y la medida mínima del botón es de 3.70 cm (considera 7 días). Con lo cual los botones muestreados dentro de ese rango se esperan sean cosechados en la semana de cosecha (SC) esperada. Aquellos por debajo de la medida menor se clasifican como Cosecha Atrasada y los que tengan medidas superiores a la medida máxima se clasifica como Cosecha Adelantada y por tanto la corta se realiza al menos una semana antes de la semana esperada.

En la *Tabla 13*, se muestra un ejemplo a manera de ilustración, el ejemplo anterior para determinar la medida mínima y la medida máxima del botón de acuerdo con los días que faltan para cosecha y de acuerdo con la variedad.

Tabla 13 Rango de medidas según curva de crecimiento – Nashville (12/14)

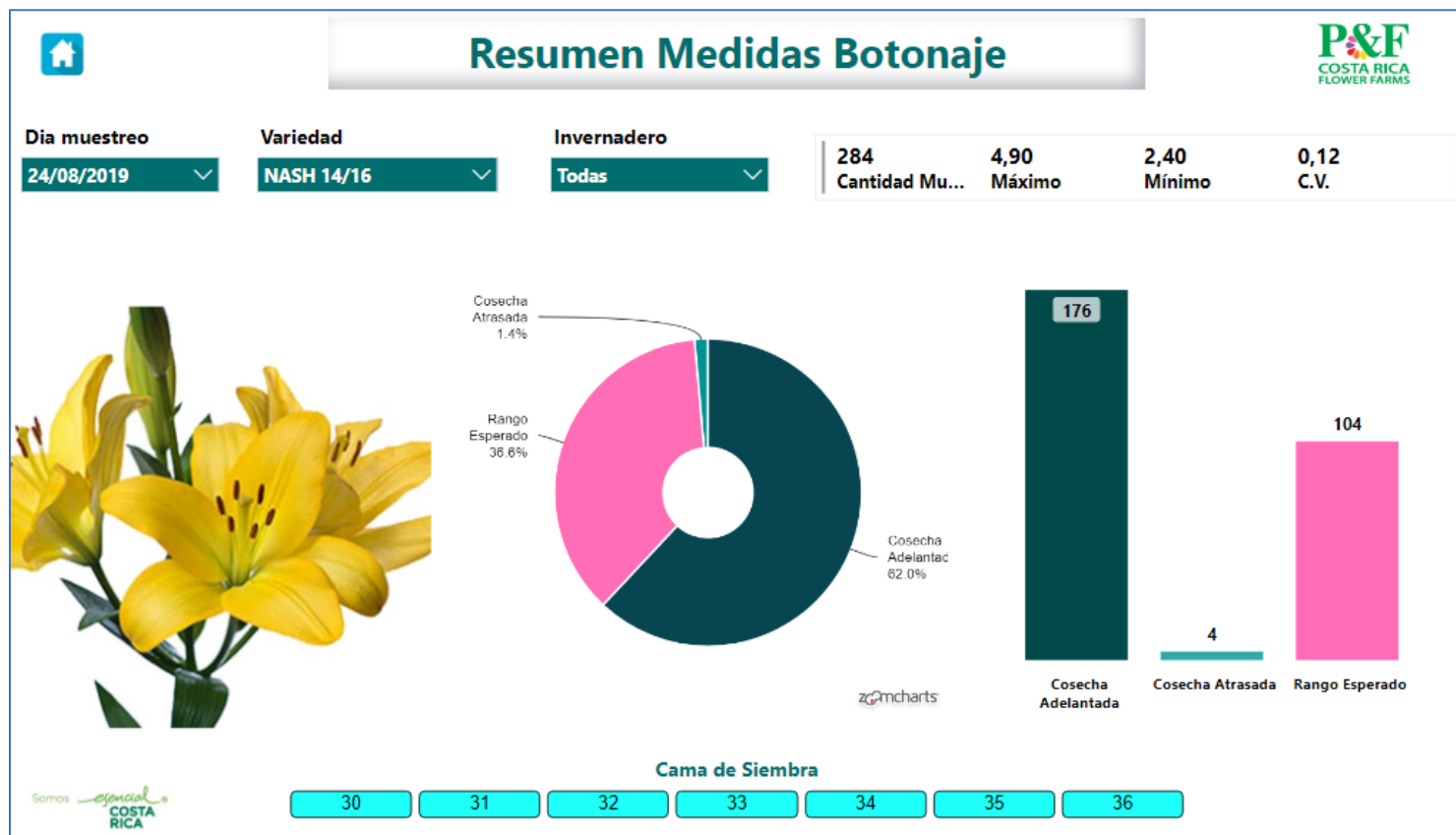
Nombre_Variiedad	Cod_Variiedad	7	8	9	10	11	12	13	14
MENORCA	MENO 12/14	5,10	4,70	4,50	4,30	4,00	3,80	3,50	3,30
MENORCA	MENO 13/14	5,10	4,70	4,50	4,30	4,00	3,80	3,50	3,30
MENORCA	MENO 14/16	5,10	4,70	4,50	4,30	4,00	3,80	3,50	3,30
NASHVILLE	NASH 10/12	5,30	5,00	4,70	4,50	4,30	4,10	3,90	3,70
NASHVILLE	NASH 12/14	5,30	5,00	4,70	4,50	4,30	4,10	3,90	3,70
NASHVILLE	NASH 13/14	5,30	5,00	4,70	4,50	4,30	4,10	3,90	3,70
NASHVILLE	NASH 14/16	5,30	5,00	4,70	4,50	4,30	4,10	3,90	3,70
NASHVILLE	NASH 16/18	5,30	5,00	4,70	4,50	4,30	4,10	3,90	3,70

Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

En la *Figura 34*, se puede observar parte de los resultados de un muestreo de prueba realizado con la variedad de Nashville (14/16), recordemos que se puede usar el mismo rango utilizado para el calibre (12/14), para este muestreo se realizó una medición de 284 individuos distribuidos en 7 camas de siembra en el invernadero 4B (zona central), la imagen muestra información de valor

máximo, valor mínimo, coeficiente de variación y distribución por tipo de cosecha implementando el modelo de datos en MS Power BI.

Figura 34 Muestreo variedad Nashville (14/16) MS Power BI



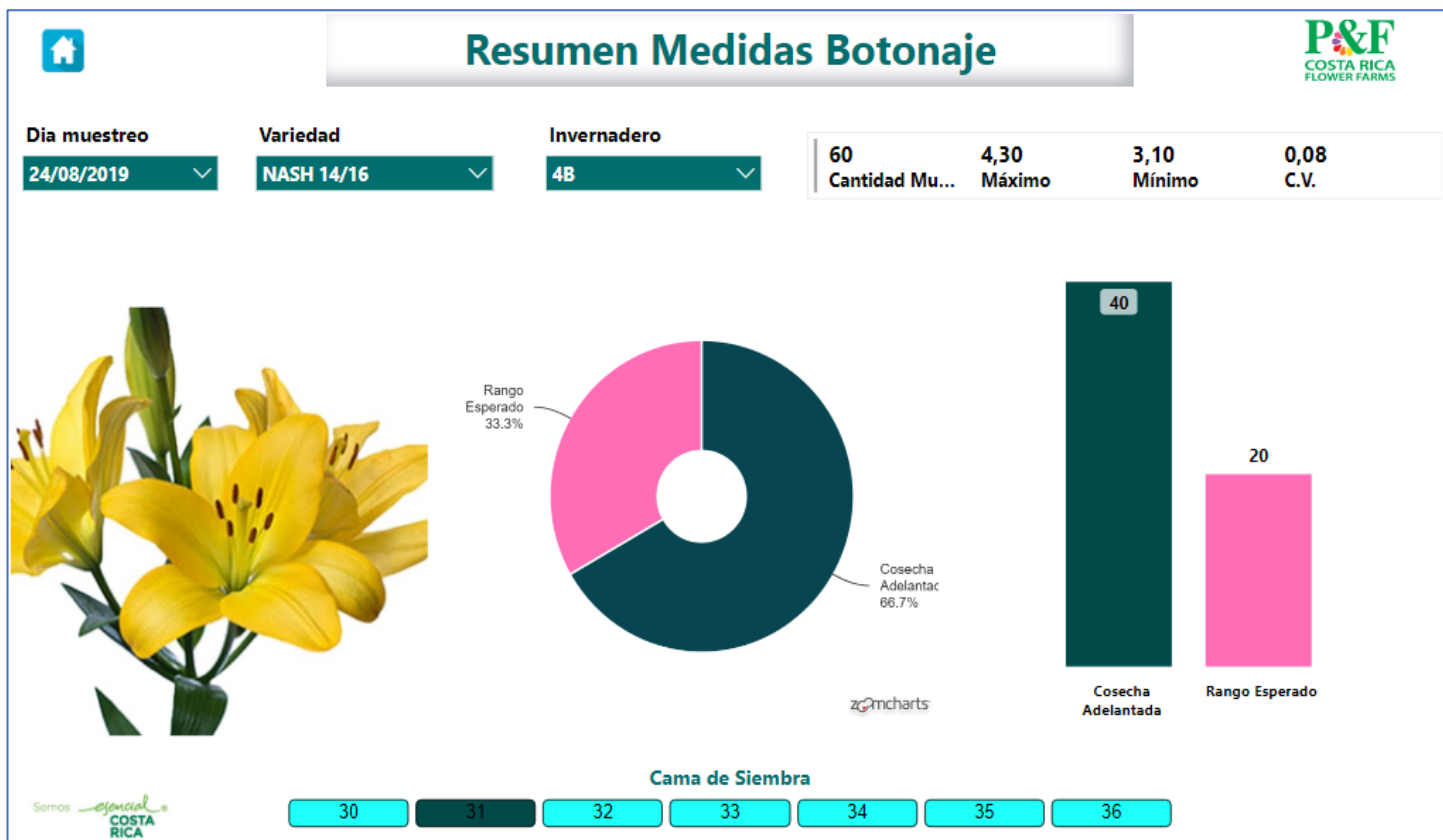
Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

De acuerdo con la información recolectada, se muestra un porcentaje de 62,0% de los tallos como cosecha adelantada, un 36,6% dentro del rango esperado y un 1,4% dentro de la clasificación de cosecha atrasada. En general, cuando se trabaja con datos reales basados en modelos de bases de datos, la información que se puede obtener es muy valiosa y si, además se presenta en un *dashboard* con visualizaciones adecuadas y claras, el valor agregado para el proceso de toma de decisiones es incalculable.

Otro dato muy importante de apuntar es que, si vemos la distribución por cama de siembra, el comportamiento de los individuos es completamente diferente, esto debido a que, tal como se mencionó anteriormente, la distribución de temperatura y luz es diferente en todas las zonas internas de cada invernadero.

En la *Figura 35* se puede observar el comportamiento de la variedad en la cama de siembra N.º 31, y tal como se apuntó, los porcentajes por clasificación de cosecha son diferente con respecto al consolidado de las 7 camas mostrado en la figura anterior.

Figura 35 Muestreo variedad Nashville (14/16) - cama siembra N.º 31



Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

Tal como se aprecia en la figura 35, la distribución porcentual por tipo de cosecha muestra que para la cosecha en Rango Esperado el porcentaje es de 33.3% y para la cosecha adelantada el porcentaje es de 66.7%, lo cual supone que más de la mitad de los tallos de esa cama de siembra se estima estará listo para corta una semana antes de lo previsto, de acuerdo con las curvas de crecimiento.

Si se hiciera una comparación con el resto de las camas, el comportamiento va a variar de la misma manera que el ejemplo anterior, por tal motivo, queda demostrado que la posición de la cama de siembra dentro del invernadero influye en el crecimiento de la planta, y esto está directamente relacionado con la distribución de temperatura y luz dentro de los invernaderos, mencionado ya ampliamente.

Otro dato muy importante de mencionar es que, el coeficiente de variación (CV) varía entre 0.07 y 0.12 entre las siete camas de siembra, esto es entre un 7% y un 12% de dispersión entre desviaciones estándar.

Determinación de la metodología para la recolección de los datos.

Este punto es uno de los más importantes del modelo, ya que representa la metodología, tanto técnica (medición manual del botón), como de uso de medios o dispositivos electrónicos y tecnológicos para el registro de los muestreos, y su posterior ingreso a la base de datos en la *tabla muestreo* que forma parte del Software FlowerTech y del *modelo de muestreo estadístico*.

Tal como se detalló en capítulo V, parte de las recomendaciones consiste en asignar al menos uno o dos recursos (personal - mano de obra) adicionales que formen parte del Departamento de Estimaciones, y que puedan colaborar durante el proceso de muestreo. Esto ya que por el momento solo existe una persona a cargo de las estimaciones para finca El Cerro (Juan Espinoza). El costo de contratación y capacitación se detallará en la sección de análisis económico.

Debido a que es necesario medir el botón y anotar el dato obtenido, es imprescindible contar con una persona que le asista o en su defecto, contar con el o los dispositivos necesarios que permitan realizar estas acciones de la manera más adecuada.

Dado que ya se cuenta con el uso de una Tablet para revisión de las curvas, existe una gran oportunidad de darle un valor agregado a este dispositivo con la implementación de una aplicación sencilla tipo tabla Excel, que permita el registro de los datos obtenidos en las camas de siembra. Esta información se guarda en la Tablet y puede ser fácilmente transferida mediante WiFi, bluetooth o cable USB al software FlowerTech. De la misma manera que se cargan los datos de tablas de Excel existentes en la PC.

#### Aplicación Muestreo FlowerTech (app)

Esta aplicación sencilla, tiene la tarea de facilitar el control de registros de las muestras o mediciones de botón tomadas en la cama de siembra. Consiste en una interfase desarrollada mediante AndroidStudio (lenguajes: kotlin o java script) que puede ser fácilmente construida por el Departamento de Tecnología de P&F y la cual es publicada y descargada en cualquiera de los dispositivos (Tablet o celulares) para uso del estimador en campo.

Se debe mencionar que también es posible desarrollar esta aplicación con el uso de Power Apps de Microsoft, esta herramienta no requiere de conocimientos técnicos de programación avanzados como sí se requiere para el punto anterior. Las características de diseño y contenido técnico para el desarrollo de esta aplicación que tiene una vista tipo tabla de Excel, no se detallarán en profundidad en la presente sección, pero sí se dará la generalidad de los requerimientos técnicos de diseño y contenido para su construcción.

Estos requerimientos están basados en una aplicación sencilla desarrollada en Excel con la utilización de Visual Basic (Formulario), el cual servirá de modelo para la app final. Además, esta hoja electrónica llamada *Control de Muestreos El Cerro* fue implementada para efectos del presente trabajo final de graduación.

En la Figura 36, se puede observar el formulario de interfase creado con Visual Basic para Excel y el cual contiene los campos necesarios y variables que deben ser tomados a la hora de realizar el muestreo.

Figura 36 Control de Muestreos El Cerro (Visual Basic)

CM - El Cerro

**P&F**  
COSTA RICA  
FLOWER FARMS

**Control de Muestreos - Finca El Cerro**

**Ingreso de Parámetros**

Fecha:  Invernadero:  Variedad Botón:

Semana Siembra:  Semana Cosecha:  Día Parámetro:

Cama Siembra:  Lote:  Proveedor:

**Ingresar** **Registrar Muestras**

Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

El formulario anterior forma parte de la hoja electrónica desarrollada para la toma de datos de los muestreos realizados para simular el modelo estadístico y para poder generar la información necesaria para el análisis estadístico del presente proyecto de investigación.

La hoja electrónica llamada “Simulación de Muestreos P&F”, contiene la sección de inicio con tres vistas principales que son: la opción del formulario para registro de los muestreos o toma de medidas, la sección de dashboard o gráficos y la sección del registro de las muestras. En las Figura 37 y Figura 38 se puede observar la vista del home inicio de la hoja electrónica y la vista de la tabla de datos del muestreo.

Figura 37 Simulación de Muestreo El Cerro



Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

Figura 38 Sección T\_Muestreo (datos recolectados)

Dia muestreo	CamaSiembra	Lote	Proveedor	LS	LI	Medida_Boton	Clase	S_Estimada	Metodo	Zona
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	2,90	Rango Esperado	14	Recorrido	Derecha
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	2,60	Rango Esperado	14	Recorrido	Derecha
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	2,60	Rango Esperado	14	Recorrido	Derecha
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	2,65	Rango Esperado	14	Recorrido	Derecha
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	3,10	Rango Esperado	14	Recorrido	Derecha
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	2,45	Rango Esperado	14	Recorrido	Derecha
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	3,10	Rango Esperado	14	Recorrido	Derecha
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	2,35	Cosecha Atrasada	15	Recorrido	Derecha
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	3,15	Cosecha Adelantada	13	Recorrido	Derecha
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	2,65	Rango Esperado	14	Recorrido	Derecha
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	2,70	Rango Esperado	14	Recorrido	Derecha
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	3,15	Cosecha Adelantada	13	Recorrido	Derecha
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	2,60	Rango Esperado	14	Recorrido	Derecha
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	3,10	Rango Esperado	14	Recorrido	Derecha
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	2,95	Rango Esperado	14	Recorrido	Derecha
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	2,65	Rango Esperado	14	Recorrido	Derecha
02/03/2020	4	XXXX	ONINGS	3,10	2,35	2,80	Rango Esperado	14	Recorrido	Derecha

Nota: Ávila (2020). Elaboración propia

Tal como se observa en la figura anterior, en esta sección se guarda el histórico de todas las medidas tomadas en las camas de siembra en forma de base de datos, la información contenida en esta hoja es parte de las tablas utilizada por la herramienta MS Power BI para construir el modelo de datos y el dashboard que muestra la información del comportamiento del crecimiento del botón, datos estadísticos, así como la clasificación de las clases de cosecha detallado al inicio del presente capítulo.

### Muestreo Asistido

Este muestreo contempla la participación de la persona que realiza las mediciones en la cama de siembra y un asistente de estimación, quien registra las medidas en la aplicación instalada en el dispositivo electrónico (Tablet). El muestreo asistido es un trabajo realizado en equipo, con la finalidad de cubrir una mayor cantidad de camas de siembra por invernadero en un rango de tiempo menor. En pocas palabras es realizar un barrido de camas (toma de medidas), que permita registrar eficientemente la mayor cantidad de datos con el uso óptimo del tiempo.

Para ilustrar este caso, se realizó una simulación de toma de tiempos para cuatro variedades (SANT 14/16 - ZAMB 16/18 - NOVZ 18/20 - NASH 12/14) en los invernaderos N.º 1A, N.º 6B y 6A. Estas simulaciones se realizaron en las dos últimas visitas realizadas a finca EL Cerro los días 02-03-2020 y 14-03-2020, se contemplaron diferentes tamaños de muestras en siete camas de

siembra diferentes; la medición fue realizada por Juan Espinoza (encargado de estimaciones) y un asistente analista para el registro de los datos.

Además, se utilizó la hoja electrónica “Control de Muestreos – El Cerro” para el registro de las muestras, así como un cronómetro electrónico para tomar el tiempo total de las mediciones, de acuerdo con el tamaño de n en cada una de las camas de siembra. Es importante mencionar que la experiencia y técnica de la persona que realiza la medida juega un papel fundamental que permite maximizar el tiempo consumido en cada medida.

Seguidamente, en la Tabla 14, se pueden observar los tiempos en minutos para cada una de las mediciones y un resumen del promedio en segundo por medida de botón.

Tabla 14 Toma de tiempos - Medida de botón

<b>Toma de tiempos - Muestreos</b>					
Fecha	Variedad	Invernadero	CamaSiembra	Muestras	Tiempo (minutos)
2/3/2020	SANT 14/16	6B1	13	70	4,10
2/3/2020	SANT 14/16	6B1	14	45	2,50
2/3/2020	ZAMB 16/18	6A1	47	50	3,02
2/3/2020	NOVZ 18/20	6A1	64	75	4,19
14/3/2020	NASH 12/14	1A	3	45	2,55
14/3/2020	NASH 12/14	1A	4	90	5,10
14/3/2020	NASH 12/14	1A	5	75	4,23

<b>Resumen de Datos</b>		
Tiempo Total	Total muestras	Promedio segundos
<b>25,69</b>	<b>450</b>	<b>3,43</b>

<b>Estimador:</b>	<b>Juan Espinoza</b>
<b>Asistente:</b>	<b>Alejandra Ávila</b>

Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

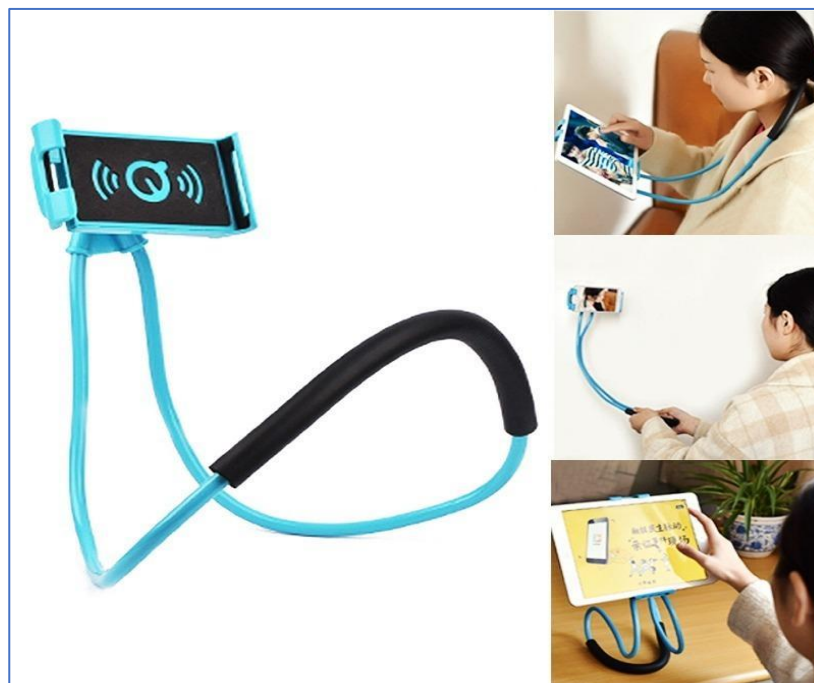
Tal como se muestra en la tabla anterior, el tiempo total acumulado en minutos fue de 25,69 para un total de 450 mediciones con un promedio de medida por botón de 3,43 segundos. En este caso el estimador cuenta con más de 14 años de experiencia en el desempeño de esta tarea y su técnica y agilidad es ampliamente comprobable a la hora de realizar las mediciones del botón.

### Muestreo Individual con uso de dispositivo de portabilidad

En cuanto a este punto, se puede implementar el uso de un dispositivo que se coloca en la cintura o en el cuello que permita una portabilidad adecuada de la Tablet, este permite liberar las manos del estimador para que este tome o realice la medida y anote el dato obtenido en el dispositivo electrónico. Con esto se evita llevar hojas físicas que además entorpecen el proceso de registro y obligan a tabular una vez más los datos cuando finaliza el muestreo.

El costo de estos dispositivos, marca y estilo varía muchísimo, ya que existe en el mercado mucha variedad de estos, por lo que a manera de ejemplos en la Figura 39 y Figura 40, se pueden observar varios tipos sencillos de sujetador o holder multifuncional para Tablet o celular que puede ofrecer una solución al problema de portabilidad durante el proceso de medida del botón en la cama de siembra.

Figura 39 Sujetador multifuncional para Tablet (cuello – cintura)



Nota: <https://life-informatica.odoo.com/>

Figura 40 Soporte Universal para el Cuello



Nota: <https://www.amazon.com/>

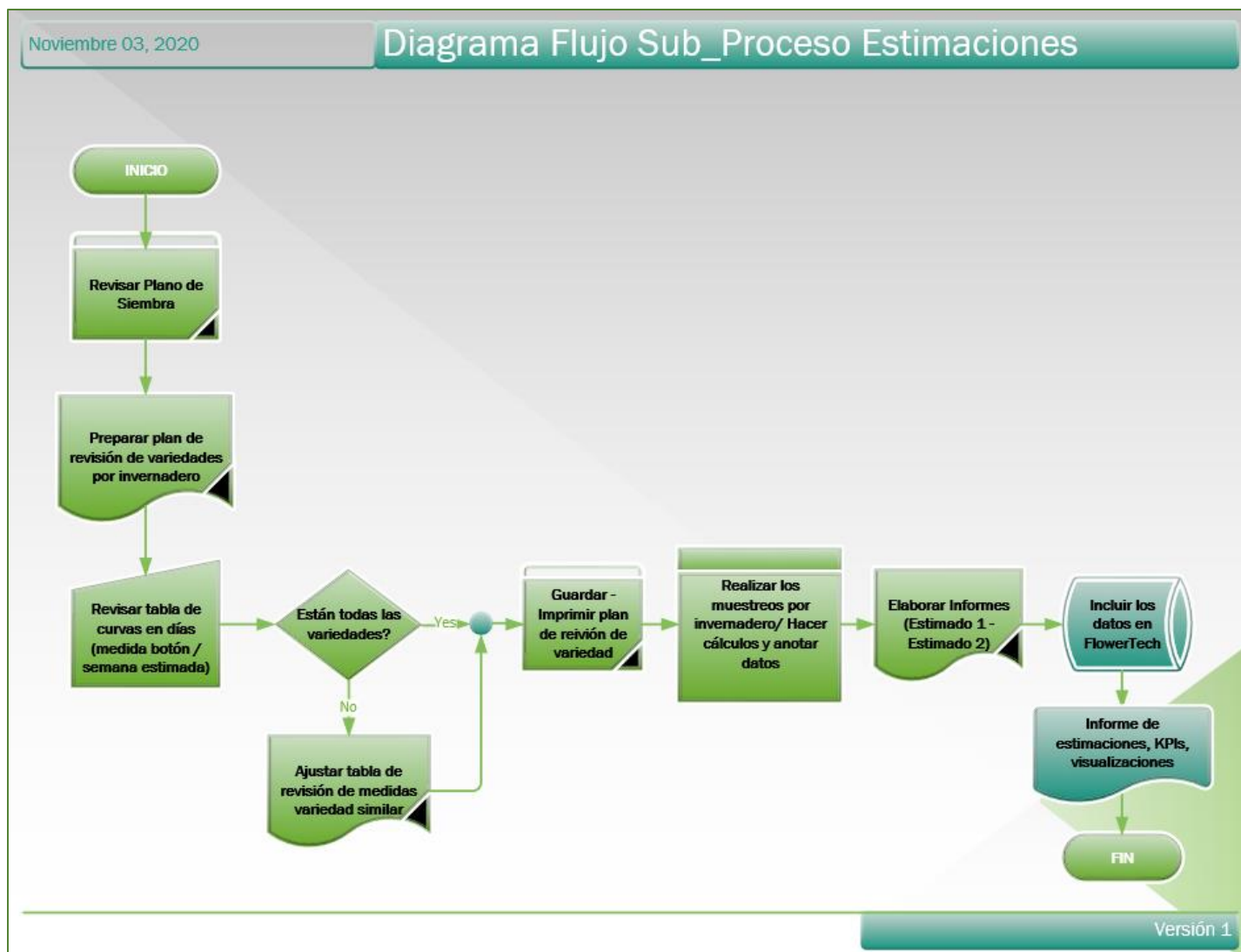
Se aclara que debido a la situación de pandemia por Covid-19, no fue posible realizar más visitas para probar el método individual en campo.

#### Diagrama de flujo del proceso de estimaciones

De acuerdo con la nueva metodología propuesta, en la *Figura 41* se muestra el nuevo diagrama de flujo para estimaciones, este flujo de actividades resumen de manera sencilla las actividades relacionadas con la revisión del plano de siembra, la revisión y ajuste de las curvas, el muestreo en la cama de siembra, así como la carga de los datos en FlowerTech.

Finalmente, la salida principal de los datos es el resumen en formato de visualizaciones como parte de los informes contenidos en el dashboard “Control de Estimaciones”, en el cual se mostrarán los porcentajes por clase de cosecha, el dato por variedad de la media (promedio) de las muestras, la desviación estándar obtenida y los gráficos de control X barra S descritos anteriormente.

Figura 41 Diagrama de flujo estimaciones (propuesta)



Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

Determinación de la carta de control  $\bar{X} - S$

Una carta de control  $\bar{X} - S$  tiene como fin graficar la media y la desviación estándar de un proceso a lo largo del tiempo para datos de variables en subgrupos, esta gráfica de control en combinación se utiliza ampliamente para examinar la estabilidad de los procesos en muchísimas industrias.

Para efecto del presente trabajo, se utilizará como parámetro para determinar la variación del crecimiento de los botones en las camas de siembra, sin embargo, se aclara que el crecimiento de la planta, en concreto la medida del botón (longitud en centímetros) dependen de factores genéticos

y climáticos. Por lo que, esta carta de control servirá sólo como parámetro para visualizar la variabilidad en la desviación estándar a lo largo del ciclo de vida, dependiendo del rango de variación respecto de la desviación estándar normal de esa variedad.

A manera de ejemplo, se tomaron los datos muestrales de la variedad Nova Zembla (18/20) recolectados en el invernadero N.º 6A – cama de siembra 64, realizado el día 02-03-2020 para un total de 40 subgrupos de 5 muestras (total de 200 observaciones). En la *Tabla 15*, se puede ver un extracto de las observaciones que se utilizaron para construir los gráficos de control  $\bar{X} - S$ , con el fin de verificar la estabilidad del crecimiento (longitud) de los botones en la cama de siembra.

Tabla 15 Variedad Nova Zembla (18/20) Invernadero 6A CS-64

Subgrupos	Observaciones					Cálculos	
	X1	X2	X3	X4	X5	$\bar{X}$	Desv Estándar
1	4,1	5,2	4,8	4,85	4,2	4,630	0,4658
2	4,8	3,1	4,1	4,5	4,3	4,160	0,6465
3	4,9	4,8	4,9	4,2	4,4	4,640	0,3209
4	5	4	4,8	4,3	4,7	4,560	0,4037
5	4,7	4,4	4,2	4,5	4,4	4,440	0,1817
6	3,7	4,2	4,8	4,2	4,2	4,220	0,3899
7	4,5	4,9	4,8	4,9	4,5	4,720	0,2049
8	5	4,8	4,6	4,7	4,8	4,780	0,1483
9	4,8	4,2	4,9	4,4	4,3	4,520	0,3114
10	4,7	5	4,5	4,4	4,3	4,580	0,2775
11	4,2	4,1	4,5	4,8	4,9	4,500	0,3536
12	4	4,8	4,95	4,4	4,6	4,550	0,3708
13	4,3	4,6	4,2	4,3	4,7	4,420	0,2168
14	4,25	3,7	4,4	4,7	5,1	4,430	0,5215
15	5,4	4,5	4,1	4,8	3,9	4,540	0,5941
16	4,3	4,4	4,7	4,7	4,25	4,470	0,2168
17	4,09	4,3	4,45	4,1	4,4	4,268	0,1669
18	4,3	4,2	3,7	4,7	4,2	4,220	0,3564

Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

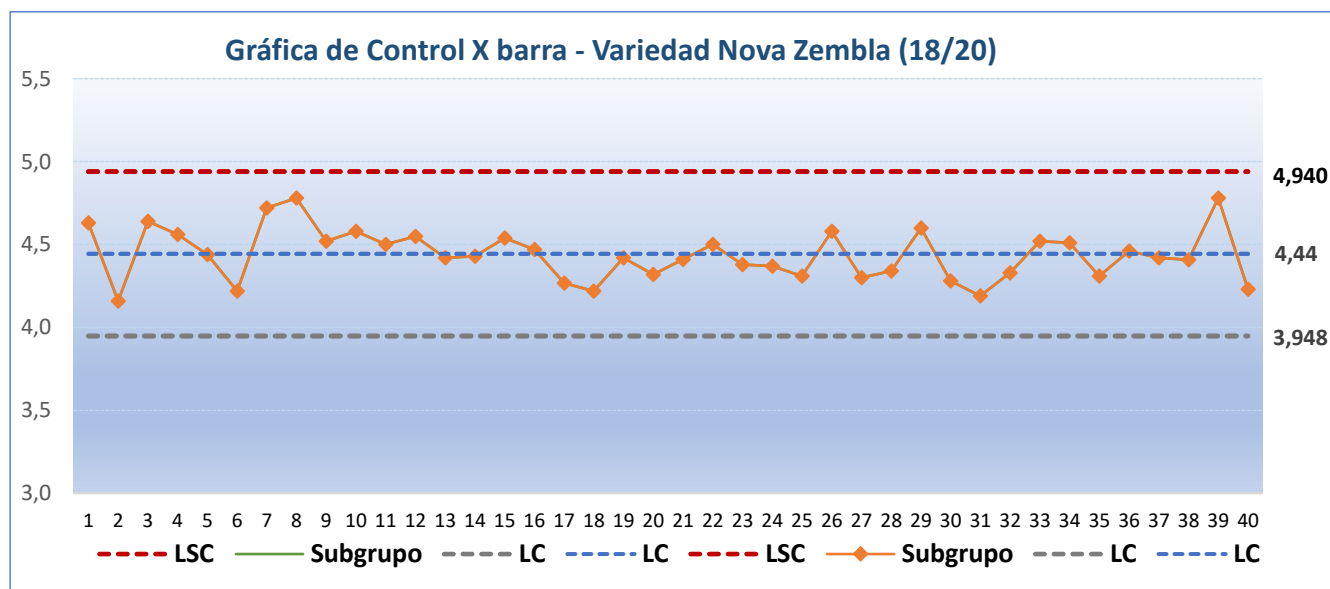
Seguidamente en la *Tabla 16*, se puede observar el cálculo de los promedios para  $\bar{X} - S$ , así como el cálculo de las variables y el extracto de la tabla distribución para la construcción de cada gráfico de control.

Tabla 16 Cálculos de variables y límites de control  $\bar{X} - S$ 

Promedios $\bar{X} - S$			Gráfico de control $\bar{X}$				Gráfico de control Desv Est (S)				
	4,440	0,3436	LSC	$\bar{X}$ Subgrupo	LC	LC	LSC	S Subgrupo	LC	LIC	
Variables	A3	1,427	4,940	4,630	4,444	3,948	0,726	0,466	0,347	0,000	
	B3	0,000	4,940	4,160	4,444	3,948	0,726	0,647	0,347	0,000	
	B4	2,089	4,940	4,640	4,444	3,948	0,726	0,321	0,347	0,000	
	C4	0,940	4,940	4,560	4,444	3,948	0,726	0,404	0,347	0,000	
Límites de Control	$\bar{X}$	S	4,940	4,440	4,444	3,948	0,726	0,182	0,347	0,000	
	LSC	4,931	0,7177	4,940	4,220	4,444	3,948	0,726	0,390	0,347	0,000
	LC	4,440	0,3436	4,940	4,720	4,444	3,948	0,726	0,205	0,347	0,000
	LIC	3,950	0,0000	4,940	4,780	4,444	3,948	0,726	0,148	0,347	0,000
				4,940	4,520	4,444	3,948	0,726	0,311	0,347	0,000
				4,940	4,580	4,444	3,948	0,726	0,277	0,347	0,000
				4,940	4,500	4,444	3,948	0,726	0,354	0,347	0,000
				4,940	4,550	4,444	3,948	0,726	0,371	0,347	0,000

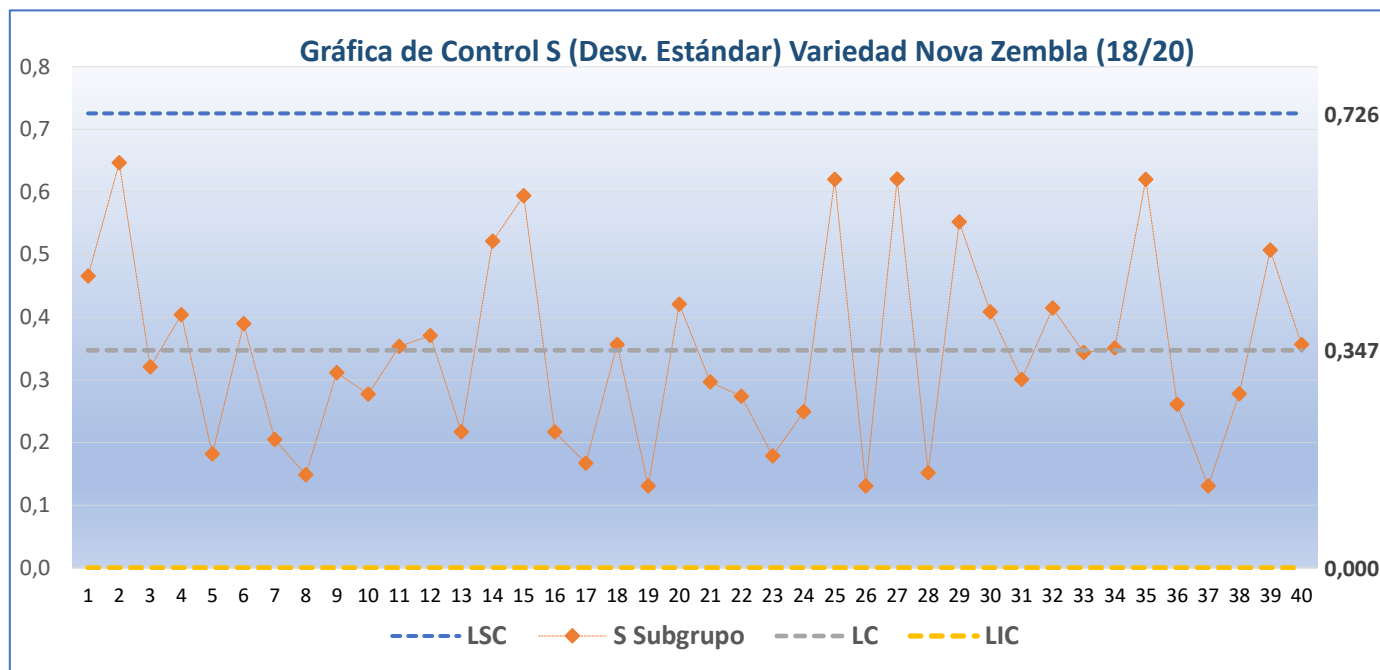
Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

Continuando con el ejemplo, una vez determinados los datos anteriores se procede a construir los gráficos de control de  $\bar{X} - S$  (Figura 42 y Figura 43 respectivamente), los cuales nos permitirá observar el comportamiento de la variabilidad de la media y la desviación estándar de la variedad estudiada. A continuación, se observa el comportamiento por gráfico de control.

Figura 42 Gráfica de Control  $\bar{X} - S$  - Nova Zembla (18/20)

Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

Figura 43 Gráfica de Control S – Nova Zembla (18/20)



Tal como se aprecia en las figuras anteriores, tanto para la gráfica de control  $\bar{X}$  y  $S$ , las observaciones se encuentran dentro de los límites de control, esto nos indica que la variación es estable tanto para la media de los subgrupos como para las desviaciones estándar. Este caso no corresponde a un proceso de corte de una máquina que se pueda calibrar, sin embargo, y de acuerdo con la genética y condiciones climáticas su variabilidad es estable.

Este gráfico de control combinado es fácilmente alimentado de los muestreos semanales realizados por el estimador. Estos datos de medidas deben ser subidas al software FlowerTech, tal como se describió en el punto relacionado con el diseño de la aplicación de Muestreos FT descrita ampliamente; por ende, los gráficos forman parte de las secciones de control estadístico del dashboard “Control de Estimaciones”.

Los parámetros relacionados con la media aritmética y desviación estándar son definidos por cada variedad específica y los parámetros para el cálculo de las variables y los límites de control son dados por la tabla del cálculo de factores, de acuerdo con el tipo de gráfico de control y subgrupos a utilizar. Estos son fácilmente ingresados al modelo de datos como parámetro de cálculo.

### Fase de prevención

Por medio de los indicadores listados a continuación, es posible controlar el proceso en conjunto con las herramientas planteadas en la propuesta, esto con el objetivo de mantener un control estadístico, obtener insumos cuantitativos de la mejora en el proceso de atención de la consulta externa.

#### Indicadores:

1. Desviación estándar por variedad (S)
2. Coeficiente de Variación (CV)
3. Error de Estimación de cosechas:  $\leq 10\%$
4. Curvas de Cosecha: toma de medidas diarias por variedad, calibre, lote y proveedor.
5. Producto no conforme: porcentaje de tallos desechados.

### **Análisis Económico**

En este apartado no se estima un retorno a la inversión, debido a que no se requiere una inversión importante en cuanto a infraestructura relacionada con la estructura de los invernaderos en términos de control de microclima, tampoco de instrumentos o softwares de alta tecnología que requieren alta inversión. Sin embargo, se realizarán los cálculos relacionados con la contratación de la persona requerida, este cálculo considera las cargas patronales, así como los costos de capacitación técnica relacionada con el uso de Microsoft Power BI y de la aplicación Muestreos FT (app).

Adicionalmente se detalla el costo de desarrollo de la aplicación para la toma de muestreos descargable en la Tablet o celular (Android). Esto mediante el uso de AndroidStudio (lenguaje Kotlin), el cual requiere conocimientos avanzados para desarrollo de aplicación para Android y iOS.

#### Estimación del costo para diseño y desarrollo de una aplicación (app)

De acuerdo con un artículo publicado por La Nación (17 de marzo de 2014), el desarrollo de aplicaciones empresariales se encuentra en un gran auge, no solo en Costa Rica, sino en todo el mundo y esto se debe principalmente a la demanda y evolución global que han tenido los smartphones, internet móvil y el uso de plataformas móviles, por lo que, y según el artículo

mencionado: “ninguna empresa debería desestimar este soporte, recomienda Gilles Maury, gerente de Tecnología, Medios y Telecomunicaciones de Deloitte.”

Los precios que podemos encontrar en el mercado pueden variar entre \$600 y \$100.000. Esto va a depender del país, el tipo de aplicación y requerimientos técnicos que requiera, así como el nivel técnico y experiencia del desarrollador.

Para efectos del proyecto y de acuerdo con Tusalarario.org/CostaRica (2020), el salario base mensual mínimo para un “Desarrollador de Software” en Costa Rica es de ₡656 749,28 lo cual significa un total de ₡4 104,68 por hora, de esta manera se toman los datos anteriores para realizar los cálculos de acuerdo con las horas estimadas por el Departamento de TI de P&F para el desarrollo de la app, las cuales suman un total de 50 horas distribuidas en 10 días.

En la *Tabla 17* se detallan los honorarios de un desarrollador de software contemplado en la fase de diseño y desarrollo del modelo, específicamente para el desarrollo de la aplicación Android Muestreos FT (app).

Tabla 17 Cálculo honorarios Desarrollador software Muestreos FT (app)

Presupuesto Honorarios para el desarrollo de la aplicación android Muestreos FT en la empresa Plantas & Flores Ornamentales CABH				
RECURSO	BASE/HORA	HORAS / DÍA	CANTIDAD DE DÍAS	IVA
		5	10	13%
Desarrollador de Software	₡4 104,68	₡20 523,42	₡205 234,15	₡26 680,44
			TOTAL	₡231 914,59

Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

De acuerdo con las 50 horas estimadas, el costo estimado para el desarrollo de esta aplicación, la cual será utilizada en campo para el registro de las mediciones, da un total con impuesto de ₡231 914.59 y que además contempla un periodo de testeo y mejora.

#### Costo de licencia Microsoft Power BI y capacitación

De acuerdo con el sitio oficial de Microsoft y Power Pro consulting, la licencia Pro de Power BI tiene un costo mensual por usuario de \$9,99 y se recomienda para empresas medianas de menos de 500 usuarios activos. Por lo que, para efectos prácticos del proyecto se puede iniciar con, al menos, 6 licencias de usuario que tengan acceso al dashboard principal “Control de Estimaciones”.

Esta herramienta requiere de conocimientos de Excel avanzado inicialmente y de una capacitación inicial, la cual es ofrecida por universidades e institutos de enseñanza de análisis de datos, por lo que los precios son variados y los contenidos también tienen sus diferencias.

Para efectos prácticos se da como referencia el costo del curso impartido por la Universidad CENFOTEC que es uno de los más completos que se imparten en el país, este curso tiene un valor aproximado de \$400 para un total en colones de ₡242 296.

En la *Tabla 18* se detalla el costo total de las licencias de usuario para el uso de la herramienta de Microsoft Power BI.

Tabla 18 Cálculo del costo de licencias Power BI

Costo de contratación Asistente de Estimaciones		
RECURSO	SAARIO BASE MENSUAL	CARGAS PATRONALES
		6,00
Licencias Pro Power BI	\$9,99	\$59,94
TC	₡605,74	₡36 308,06

Nota: Ávila (2020). Elaboración propia

Estimación del costo de contratación y honorarios del Ingeniero Industrial

Para estimar el costo de contratación, se toma como referencia la lista de salarios 2020 del ministerio de trabajo de Costa Rica el salario mínimo para un trabajador en ocupación calificado (Genérico) cuyo monto es de ₡358 468.86 el cual debe contemplar cargas patronales. (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 2020)

En la *Tabla 19* se detalla el cálculo del salario y cargas patronales correspondiente a la contratación de la persona que pueda asistir al encargo de estimaciones.

Tabla 19 Cálculo contratación asistente de estimaciones

Costo de contratación Asistente de Estimaciones		
RECURSO	SALARIO BASE MENSUAL	CARGAS PATRONALES
		26,5%
Asistente de Estimaciones	₡358 468,86	₡94 994,25
		₡453 463,11

Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

En la *Tabla 20* se consideran los honorarios de un ingeniero industrial, previo al inicio de la implementación y con relación al trabajo realizado, se contempla honorario por hora en ₡6204.84 colones, para un total con impuestos de ₡294 481,71.

Tabla 20 Presupuesto de honorarios proyecto Modelo de Muestreos y Control Estadístico

<b>Presupuesto Honorarios para El Proyecto Modelo de Muestreo y Control Estadístico de crecimiento del lirio (medida botón) en la empresa Plantas &amp; Flores Ornamentales CABH</b>				
RECURSO	BASE/HORA	HORAS / DÍA	CANTIDAD DE DÍAS	IVA
		3	14	13%
Ingenier@ Industrial	₡6 204,84	₡18 614,52	₡260 603,28	₡33 878,43
			TOTAL	₡294 481,71

Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

#### Resumen del costo total

Seguidamente en la *Tabla 21* se detalla el resumen de los costos totales relacionados con la implementación del presente trabajo final de graduación. El cual tiene un costo total inicial de ₡1,268,524.81 y además algunos de estos se pueden ver anuales. Si consideramos los costos de implementación inicial y consideramos en ese mismo año el costo de la licencia de Power BI junto con el costo de la persona adicional, tendríamos que para ese año el costo total es de ₡6,656,007.68 estimado.

Tabla 21 Resumen de costos del proyecto

<b>RESUMEN DE COSTOS</b>		
RECURSO	COSTO INICIAL	COSTO ANUAL
<b>Ingenier@ Industrial</b>	₡294,481.71	₡294,481.71
<b>Asistente Estimaciones</b>	₡453,463.11	₡5,441,557.32
<b>Desarrollador de Software</b>	₡231,914.59	₡231,914.59
<b>Licencias Power BI (6)</b>	₡36,308.06	₡435,696.72
<b>Curso Power BI - CENFOTEC</b>	₡242,296.00	₡242,296.00
<b>Tablet holder (estimado)</b>	₡10,061.34	₡10,061.34
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>₡1,268,524.81</b>	<b>₡6,656,007.68</b>

Nota: Ávila (2020). Elaboración propia.

### Costo Beneficio

Para efectos del presente trabajo, es fundamental detallar el costo que representa las estimaciones para la empresa dado que el margen de error actual varía entre un 30% a un 100% esto en términos de comparar la estimación de campo con la corta real de tallos de una semana específica.

Para lo cual, se realizará una comparación de la diferencia entre el costo producción de un tallo y el retorno de acuerdo con el precio de mercado. La empresa determina como costo total de producción estimado, por cada tallo de lirio en estudio un valor de \$0,16 dólar. En el caso del precio de mercado se determinan un valor de \$0,76 por tallo de lirio oriental, se toma como referencia varios precios de tallos en amazon.com del 03 de noviembre 2020.

En la Tabla 22 Resumen tallos estimados vs tallos cosechados Semana 48-2019, se detalla la diferencia en tallos generados, y se define la misma para efectos del estudio, por lo tanto, se difiere de la información el siguiente resumen:

Tabla 22 Resumen tallos estimados vs tallos cosechados Semana 49-2019

<b>Total Real</b>	<b>Total Estimado</b>	<b>Diferencia</b>	<b>% Variación (error)</b>
<b>32 530,00</b>	<b>46 652,00</b>	<b>-14 122,00</b>	<b>43%</b>
<b>Costo</b>	<b>Precio Mercado</b>	<b>Margen</b>	<b>Dif Real vs Estimada</b>
<b>\$0,16</b>	<b>\$0,76</b>	<b>\$0,60</b>	<b>\$8 473,20</b>

Nota: Departamento de Estimaciones Finca el Cerro.

Para efectos del análisis se da como referencia al tipo de cambio compra del Banco Central de Costa Rica de \$605,74 al 03 de noviembre 2020, por lo que, el monto en colones del margen de error actual es de ₡5 132 556,17.

Si detallamos que, bajo el esquema del diseño propuesto, lo que se busca es controlar el efecto A que incide en la estimación de crecimiento del botón (debido a la distribución de temperaturas y luz internas del invernadero) y de esta forma reducir el margen de error en un 10% de acuerdo al porcentaje esperado por ventas, estaríamos determinando un total de 3253 con un monto en dólares de \$1 951,80 de diferencia, lo cual en colones representa un monto de ₡1 970 472,22. Por lo que, el ahorro en términos de Beneficio que se obtendría es de ₡3 162 083,95.

### **Plan de Implementación**

Principalmente se busca que la implementación se dé en un período de cuatro meses, dividido en una fase de preparación y presentación del modelo de muestreo de un mes de duración, la cual inicia con el diseño y preparación, contempla reuniones con el equipo de trabajo de estimaciones. Además, contempla los tópicos relacionados con la nueva metodología de muestreo y estructura de clases, así como la capacitación al equipo de estimaciones.

El diseño y diagnóstico del modelo de datos es lo siguiente, abarca el segundo mes y es aquí donde se presentan los requerimientos para el desarrollo del software e interfase de la aplicación Muestreos FT (app), así como el testeado en las camas de siembra, los ajustes necesarios que requiera la aplicación, las pruebas finales con carga de datos al software FlowerTech y el release final.

La etapa de implementar y controlar abarca el tercer mes. Es aquí donde se inicia formalmente con los muestreos semanales en campo (camas de siembra), revisión de los resultados mostrados en el Dashboard y las gráficas de control  $\bar{X} - S$ , de manera que permita identificar las oportunidades de mejora y ajustes del modelo de datos y otros cálculos relacionados con el código fuente de la aplicación, así como las fórmulas creadas.

Finalmente, la fase de prevención, la cual, mediante indicadores, busca verificar el comportamiento de las gráficas de control (estabilidad en cuanto a variabilidad de crecimiento por variedad), así como también el comportamiento general del modelo, cumplimiento de mediciones semanales por variedad y otros, completando el proyecto en el cuarto y último mes contemplado en este cronograma.

En la Figura 44 se observa el diagrama de Gantt que describe claramente las fases del cronograma de implementación del modelo de muestreo y control estadístico (crecimiento del botón) en la empresa Plantas & Flores Ornamentales CABH.

Figura 44 Diagrama de Gantt de cronograma de implementación Modelo de muestreos y control estadístico Plantas & Flores Ornamentales CABH

CRONOGRAMA IMPLEMENTACIÓN MODELO DE ESTIMACIONES EN LA EMPRESA PLANTAS & FLORES																
ACTIVIDAD	CONTROL DE ESTIMACIONES - MUESTREOS FLOWERTECH															
	MESES															
	1				2				3				4			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Fase de preparación y presentación del Modelo</b>																
Diseño y preparación del Modelo																
Reuniones Equipo de trabajo estimaciones																
Metodología de Muestreo - Estructura de clases																
Presentación del Modelo de Muestreo																
Capacitación Equipo Estimaciones																
<b>Diseño y Diagnóstico - Modelo Integrado de Datos</b>																
Requirimientos para desarrollo del software e interfase																
Testing en cama de siembra y carga de datos FlowerTech																
Ajustes y mejoras Muestreos FT (app)																
Pruebas finales y release																
<b>Implementar y controlar</b>																
Muestreos semanales																
Revisión de resultados - Dashboard y Gráficas de control $\bar{X}$ - S																
Ajustes y mejoras del muestreo - Modelo de datos																
<b>Fase de prevención</b>																
Indicadores																

Nota: Ávila (2020). Elaboración propia

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, J. (2012). *Control de Calidad. Un Enfoque integral y estadístico*. Cartago: Tecnológica de Costa Rica. doi:978-9977-66-241-1
- Cabezón Gutiérrez, S. (Agosto de 2014). <https://uvadoc.uva.es/>. Recuperado el 20 de junio de 2020 de <https://uvadoc.uva.es/>: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/13153/TFG-I-174.pdf;jsessionid=240AF5151A4D867BAAE8F608E7A637DF?sequence=1>
- Castillo, G. (2020). *Propuesta de un sistema Lean Health Care en el servicio de emergencias del Hospital Nacional de Niños para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial*. San José, Costa Rica: Universidad Internacional de las Américas. Recuperado el 02 de Junio de 2020
- E. Hanke, J. (2010). *Prógnostico de los Negocios*. (9ª ed.). México D.F: Pearson.
- Flores, L. (1994). Cultivo de Flores en Costa Rica. *Atlas Agropecuario de Costa Rica, I*, 323-337. San José: UNED. Recuperado el 13 de Junio de 2020, de [https://books.google.co.cr/books?id=AWQqijADFrIC&pg=PA183&lpg=PA183&dq=fenologia+del+lirio+costa+rica&source=bl&ots=SsugL8nTx9&sig=ACfU3U0y-5T6tuge8ZR2yEsr-N070zkwJw&hl=en&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=fenologia%20del%20lirio%20costa%20rica&f=false](https://books.google.co.cr/books?id=AWQqijADFrIC&pg=PA183&lpg=PA183&dq=fenologia+del+lirio+costa+rica&source=bl&ots=SsugL8nTx9&sig=ACfU3U0y-5T6tuge8ZR2yEsr-N070zkwJw&hl=en&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=fenologia%20del%20lirio%20costa%20rica&f=false)
- Flores, L. (1994). Cultivo de las Flores en Costa Rica. *Atlas Agropecuario de Costa Rica, 2(1)*, 323-329. San José: UNED. Recuperado el 02 de Junio de 2020 de: [https://books.google.co.cr/books?id=AWQqijADFrIC&pg=PA183&lpg=PA183&dq=fenologia+del+lirio+costa+rica&source=bl&ots=SsugL8nTx9&sig=ACfU3U0y-5T6tuge8ZR2yEsr-N070zkwJw&hl=en&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=fenologia%20del%20lirio%20costa%20rica&f=false](https://books.google.co.cr/books?id=AWQqijADFrIC&pg=PA183&lpg=PA183&dq=fenologia+del+lirio+costa+rica&source=bl&ots=SsugL8nTx9&sig=ACfU3U0y-5T6tuge8ZR2yEsr-N070zkwJw&hl=en&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=fenologia%20del%20lirio%20costa%20rica&f=false)
- Giraldo Betancur, E. A. (2016). *Estudio sobre la aplicación de Lean Healthcare en el Sector Hospitalario de Medellín. Trabajo de grado para optar por el título de*. Medellín, Colombia: UNIVERSIDAD EAFIT.
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*. (2ª ed.). México: McGraw-Hill.

- Handl, K. (2014). *Aplicación práctica del diagrama de Gantt en la administración de un proyecto*. Proyecto final. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Tucumán. Recuperado de: <https://face.unt.edu.ar/web/iadmin/wp-content/uploads/sites/2/2014/12/Aplicaci%C3%B3n-pr%C3%A1ctica-Diagrama-de-Gantt-para-Jornada-IA-Handl.pdf>
- Hernández S, R., Fernández C, C. & Baptista, M.P. (2014). ¿Qué son las variables? En *Metodología de la Investigación*. (6ª ed.). México: Mc Graw Hill Education
- INEC. (2014). *VI Censo Nacional Agropecuario*. Censo, San José. Recuperado el 02 de Junio de 2020, de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/U40-10581.pdf>
- InfoAgro. (2019). Principales tipos de invernaderos. Recuperado el 20 de Junio de 2020, de: [https://www.infoagro.com/documentos/principales\\_tipos\\_invernaderos\\_\\_parte\\_ii\\_.asp](https://www.infoagro.com/documentos/principales_tipos_invernaderos__parte_ii_.asp)
- La Nación. (17 de Marzo de 2014). Crear apps en su empresa le puede costar. Recuperado de La Nación (San José, Costa Rica): <https://www.nacion.com/archivo/crear-apps-en-su-empresa-le-puede-costar-entre-1-000-y-10-000/3LRDMXUGB5BIHKUGII7CI6TNXE/story/>
- Lind, Douglas A., Marchal, William G. & Wathen, Samuel A. (2012). *Estadística Aplicada a Los Negocios y La Economía*. (15ª ed.). México D.F: Mc Graw Hill.
- Méndez Soto, C. (Noviembre de 2015). Edad Fisiológica de los Cultivos: Método Grados Día. *ProNAP*, 1, 1'3. Recuperado el 02 de Mayo de 2020, de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/av-1816.pdf>
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (03 de Noviembre de 2020). Salarios Mínimos. Recuperado de: [http://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/Documentos-Salarios/lista\\_salarios\\_2020.pdf](http://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/Documentos-Salarios/lista_salarios_2020.pdf)
- MINITAB. (03 de noviembre de 2020). Recuperado de: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/how-to/variables-charts-for-subgroups/xbar-s-chart/before-you-start/overview/#:~:text=Utilice%20la%20Gr%C3%A1fica%20Xbarra%2DS,las%20inestabilidad>

- Morales, C., & Arbeláez, J. D. (Junio de 2015). La producción de lirios (*Lilium* spp.). *Revista Universidad Católica de Oriente*, 28(39), 45-60. Recuperado el 20 de Junio de 2020, de <http://revistas.uco.edu.co/index.php/uco/article/view/195>
- Oliveira, W. (28 de Junio de 2017). *www.heflo.com*. Obtenido de [www.heflo.com](http://www.heflo.com): <https://www.heflo.com/es/blog/mapeo-procesos/que-es-el-mapeo-de-procesos/>
- Plantas& Flores Ornamentales CABH (s.f.). P&F Costa Rica Flowers Farms. Recuperado el 13 de Junio de 2020 de: <https://es.pfcostarica.com/>
- Portillo, G. (s.f.). Fenología. Recuperado el 13 de Junio de 2020 de: <https://www.meteorologiaenred.com/fenologia.html>
- PROCOMER. (30 de Noviembre de 2017). Mercado de plantas, flores y folajes en Estados Unidos. Recuperado el 13 de Junio de 2020 de: <http://servicios.procomer.go.cr/>: <http://servicios.procomer.go.cr/aplicacion/civ/documentos/Mercado%20de%20plantas,%20flores%20y%20folajes%20en%20Estados%20Unidos.pdf>
- Project Management Institute. (2013). *Guía de los fundamentos*. (Vol. 5). Newtown Square, Pensilvania 19073-3299 EE.UU.: Project Management Institute, Inc.
- Pulido, H. G. (2012, p.55). *Análisis y diseño de experimentos*. (3ª ed). México: McGraw Hill.
- Rajadel, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Díaz Santos.
- Salazar López, B. (26 de Junio de 2019). Estudio de tiempos, cálculo del número de observaciones. Recuperado el 28 de Junio de 2020 de: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/calculo-del-numero-de-observaciones/>
- Tusalario.org/CostaRica. (03 de 11 de 2020). Desarrolladores de software. Recuperado de: <https://tusalario.org/costarica/tu-carrera-profesional/costa-rica-funcion-y-salario/costa-rica-desarrolladores-de-software>

Vila Arboleda, J. J. (2009). *Modelo de proyección de la producción de rosas, basado en las curvas de crecimiento de las plantas*. Universidad de La Salle, Facultad de Administración de Empresas Agropecuarias. Bogotá D.C. Recuperado el 02 de Junio de 2020 de: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1199&context=administracion\\_agronegocios](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1199&context=administracion_agronegocios)

## APÉNDICES

### Calcule sus cuotas [Actualizado a enero del 2020]

Esta calculadora puede ser usada para mostrar los pagos mensuales basado en la tabla de distribución de porcentajes de la planilla patronal, se va a desglosar el monto de la CCSS en lo que corresponde a SEM e IVM tanto patronal como obrero, así como de Otras Instituciones: INA, IMAS, ASFA y BANCO POPULAR y finalmente lo referente a la Ley de Protección al Trabajador.

Obtenga un estimado rápido para calcular su pago mensual de la planilla patronal:

Ingrese el total de suarios

0

₡358,468.86

#### Caja Costarricense de Seguro Social

Concepto	Patrono	Trabajador	Monto
SEM	9,25%	5,50%	₡52,874
IVM	5,25%	4,00%	₡33,158
<b>TOTAL CCSS</b>	<b>14,5%</b>	<b>9,5%</b>	<b>₡86,033</b>

#### Recaudación Otras Instituciones

Institución	Patrono	Trabajador	Monto
Cuota Patronal Banco Popular	0,25%	-	₡896
Asignaciones Familiares	5,00%	-	₡17,923
IMAS	0,50%	-	₡1,792
INA	1,50%	-	₡5,377
<b>TOTAL OTRAS INSTITUCIONES</b>	<b>7,25%</b>	<b>-</b>	<b>₡25,989</b>

#### Ley de Protección al Trabajador (LPT)

Concepto	Patrono	Trabajador	Monto
Aporte Patrono Banco Popular	0,25%	-	₡896
Fondo de Capitalización Laboral	1,50%	-	₡5,377
Fondo de Pensiones Complementarias	2,00%	-	₡7,169
Aporte Trabajador Banco Popular	-	1,00%	₡3,585
INS	1,00%	-	₡3,585
<b>TOTAL LPT</b>	<b>4,75%</b>	<b>1,00%</b>	<b>₡20,612</b>

#### Total

	Patrono	Trabajador	Total
<b>PORCENTAJES TOTALES</b>	<b>26,5%</b>	<b>10,5%</b>	<b>37,00%</b>
<b>MONTOS TOTALES</b>	<b>₡94,994</b>	<b>₡37,639</b>	<b>₡132,633</b>

**TVC MALL**  
accessories wholesale expert

Buscar productos al por mayor

Carrito (0 artículos)

Búsquedas más populares: [iPhone 12 Cases](#) [iPad Air Cases](#) [Galaxy S20 FE](#) [OnePlus 8T](#) [Mi 10T](#)

**Colgando En El Soporte Perezoso Del Soporte De Montaje Del Teléfono Celular Del Cuello Con El Montaje Flexible Del Brazo Largo**

Artículo n.º (Número): 102101399A | MOQ: 1 | Envíos en 1 - 3 días | ★★★★★ (0 Comentarios)

**Envío Flash** El servicio de envío flash es válido ÚNICAMENTE cuando todos los productos de la orden son compatibles con envío por flash.

Precio: **\$5.68**

Cantidad:    **\$5.68**

Costo estimado de envío: **\$10.93** (Envíe a **United States** vía **China Post** [Más opciones de envío](#))

[Publicítenos >>](#)

Compre más ahorre más



## Visualización de datos con PBI

**Stephanie Madriz Rojas** <[smadriz@ufidelitas.ac.cr](mailto:smadriz@ufidelitas.ac.cr)>  
para ▾

Buenos días, te adjunto el plan de estudios de Visualización de datos con PBI

A continuación toda la información.

**Costo: 93200 Descuento de lanzamiento 69 900 con descuento**

Matrícula GRATIS

**\*\* Si matriculas hoy te aplicamos una beca del 55% pagarias unicamente €42 000\*\***

solicitar descuento por este medio o whatsapp 89698993

Inicio de Clases: 14 setiembre

Duración: **4 semanas**

Modalidad: El Curso es 100% virtual

Requisitos: conocimientos de Excel intermedio

**Certificado al finalizar el curso de 20 horas**

Requisitos: Computadora con acceso a internet para realizar las practicas. (Para la información de lectura y videos también

Financiamiento: Tasa 0 con BAC 4 meses



universidad  
cenfotec

# VISUALIZACIÓN DE DATOS CON **POWER BI** **100% EN LÍNEA**

Fechas de apertura: **30 DE SETIEMBRE**

Modalidad: **VIRTUAL SINCRÓNICO.**

Duración: **24 horas (8 sesiones).**

Horario: **MIÉRCOLES de 18:00 a 21:00**

Costo del curso: **\$400 dólares +2% del I.V.A.**