

UNIVERSIDAD GABRIELA MISTRAL

Facultad de Ingeniería y Negocios

Ingeniería Civil Industrial



**EVALUACIÓN DE ESTACIÓN EXPERIMENTAL PARA
TRATAMIENTOS GENÉTICOS DE DOBLE HAPLOIDÍA**

Tesis para Optar al Título de Ingeniería Civil Industrial

Santiago, Junio 2016

AGRADECIMIENTOS

A mis profesores guía Juan Pablo Contreras y Luis Escobar, por su valiosa tutoría durante todo el proceso de aprendizaje en los últimos años de mi carrera, y además correcciones en la realización final de este documento de tesis.

A mi familia por su continua ayuda y paciencia, que me permitió enfocar mi tiempo en el desarrollo de mi segunda carrera.

Finalmente a Norita Hip Selinke, mi madre.

PRÓLOGO

El Mejoramiento Genético es una herramienta que viene siendo utilizada desde la época de los egipcios, con la diferencia de la tecnología que actualmente se aplica para llevarlo a cabo. El Mejoramiento Genético *Convencional* en vegetales, consiste en observar las cualidades fenotípicas de una planta (tales como color, tamaño, dulzura, etc.) y así seleccionar los mejores individuos para cruzarlos y obtener una progenie con características mejoradas. Un ejemplo emblemático es el cruce de la frutilla Chilena *Fragaria chiloensis* (que era muy grande, pero de color blanco y desabrida), con la frutilla Norteamericana *Fragaria virginiana* (que era muy roja y dulce, pero a la vez muy pequeña). El resultado de esta cruce es la frutilla híbrida que comemos hoy en día *Fragaria x ananassa*, que reúne las mejores características de ambos parentales: Buen tamaño, dulzor y color rojo intenso.

El problema con el Mejoramiento Genético *Convencional*, es el tiempo que éste toma para llegar a una nueva variedad vegetal mejorada, puesto que consiste en un proceso iterativo de cruce de plantas y su selección durante varias generaciones, hasta finalmente llegar a una variedad que reúna todas las cualidades que son de interés. Dependiendo de la especie, este proceso puede tardar entre 15 a 30 años, lo cual no es rentable en términos de tiempo, dinero y uso de terrenos cultivables.

Una solución a este problema fue el Mejoramiento Genético *Asistido por marcadores moleculares*. Esta técnica es una herramienta biotecnológica, desarrollada para no tener que seleccionar parentales según sus cualidades fenotípicas, sino ahora por sus cualidades genotípicas (o sea basado en los genes que contengan los parentales). Los genes son segmentos dentro del ADN cuya información será traducida en una característica del individuo, como por ejemplo, estos llevan codificada el tamaño que tendrá un organismo, la cantidad de azúcares, la resistencia a patógenos, entre miles otros. Esta selección ahora más precisa y dirigida, puede pasar a demorarse entre 5 a 10 años (dependiendo de la especie), debido a que ahora las plantas pueden ser seleccionadas desde que son solamente una semilla (extrayendo su ADN, analizándolo y prediciendo cómo será la planta a futuro), y no hay que esperar a que la planta se desarrolle completamente y genere frutos para hacer una evaluación de fenotipo.

Distintos polimorfismos (o variantes) de un gen permiten que exista diversidad entre individuos de una especie. Por ejemplo, polimorfismos en los genes relacionados al requerimiento de agua hace que existan plantas con distintas resistencias al estrés por sequedad. Cuando se identifica qué polimorfismo es el relacionado a una característica como ésta, este polimorfismo pasa a llamarse Marcado Molecular, que son simplemente “marcas” reconocidas en el ADN de una especie que nos permiten hacer inferencias sobre un individuo, por lo cual nos permiten obtener información a priori del organismo que se va a desarrollar en el futuro, dirigiendo la selección de plantas para cruces.

Para el caso específico de la firma en estudio, para identificar la presencia de un marcador molecular dentro de una muestra de ADN, se realiza una reacción química con la presencia de un

reactivo llamado "Partidor". Un Partidor es un segmento muy pequeño de ADN que va unido a un fluoróforo y su objetivo es acoplarse al ADN testeado en el caso de que exista el polimorfismo buscado. Si el Partidor reconoce un sitio de unión en el ADN de estudio, se anclará y dará paso a un proceso de multiplicación de la zona donde se dio la unión. La multiplicación de esta zona conlleva a una multiplicación de segmentos de ADN que tendrán unido el fluoróforo que viene con el partidor, cuya emisión será detectada por una cámara especializada. La emisión de fluorescencia es interpretada como una reacción positiva, y es lo que nos permite inferir si el ADN estudiado tiene presente el marcador molecular o no, y por lo tanto predecir las características que tendrá la planta a futuro.

LISTA DE ABREVIATURAS Y DEFINICIONES PREVIAS

Con la finalidad de contextualizar la situación, es necesaria una breve descripción inicial de la terminología netamente biológica contenida en este documento, para de esta forma subrayar tanto la importancia como la dirección del proyecto. Ordenado según su *relación*:

ADN: Ácido desoxirribonucleico, macromolécula que contiene instrucciones genéticas para el desarrollo y funcionamiento de organismos vivos, codificadas dentro de una cadena de nucleótidos. Cada célula posee en su núcleo una copia propia.

NUCLEÓTIDOS: Eslabones de la cadena de ADN/ARN, cuyo orden se traduce en un código. Existen de cinco tipos: Adenina, Citosina, Timina, Guanina y Uracilo (ACTGU).

GEN: Segmento de ADN, cuya información codificada es capaz de expresarse en proteínas u otras macromoléculas, permitiendo así el desarrollo y funcionamiento de un individuo.

POLIMORFISMO: Variantes en la secuencia nucleotídica de ADN. Al caer en un gen, tienen el potencial de generar una versión distinta de éste, pudiendo aumentar/reprimir su capacidad de expresarse. Su presencia otorga variabilidad entre individuos de una misma especie.

GENOTIPO: Características genéticas codificadas en el ADN de un individuo, no observables a simple vista, como por ejemplo los polimorfismos presentes en sus genes.

FENOTIPO: Características observables de un individuo a simple vista, como por ejemplo su color, tamaño, etc. El fenotipo es la forma en la que el genotipo se expresa al medio ambiente.

MEJORAMIENTO GENÉTICO CONVENCIONAL: Perfección de las cualidades de una especie por medio de la cruce de parentales con cualidades óptimas. La selección de los individuos se basa en su fenotipo, por ejemplo, selección de una planta con los frutos más grandes para ser cruzada con una con los frutos más dulces, para obtener una progenie con ambas características reunidas.

MARCADOR MOLECULAR: Polimorfismo detectado en un gen, cuya presencia se relaciona con una variante en el comportamiento que tendrá el gen al expresarse. Es una “Marca” que nos ayuda a predecir cómo será el organismo una vez que éste se desarrolle.

MEJORAMIENTO GENÉTICO ASISTIDO: Actualización del Mejoramiento Genético Convencional, donde la selección de individuos para cruzar ya no se realiza según su fenotipo, sino que se reemplaza por un estudio de su genotipo. Este tipo de Mejoramiento se *asiste* por marcadores moleculares, para la predicción con exactitud de la mejor cruce posible para la obtención de progenies mejoradas.

CROMOSOMA: Hebra de ADN altamente compactado en estructuras heredables a la progenie. El número de cromosomas en los que se compacta el ADN siempre es el mismo para una especie, como por ejemplo, los 46 cromosomas del ser humano.

ORGANISMO DIPLOIDE: Organismo que cuenta con dos juegos de cromosomas, uno heredado del padre y otro de la madre. Haploide sería por lo tanto solo un set de cromosomas.

ORGANISMO DH (DOBLE HAPLOIDE): Organismo que cuenta con dos juegos de cromosomas, pero provenientes de la duplicación artificial del set que se heredó del padre o de la madre.

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto desarrollado en este trabajo, consiste en la evaluación de la implementación de una estación de tratamientos de doble haploidía en vegetales, proceso complementario a los actuales productos que ofrece la firma en estudio. Si bien la empresa es rentable en la actualidad, se detecta que al menos un 60% de sus clientes migra a la competencia una vez que éstos realizan estudios preliminares con la firma, situación que busca ser revertida con la aplicación de este proyecto.

Modelos aplicados:

- Para la determinación de la capacidad de la planta según la demanda proyectada, se construyó un modelo dinámico para la simulación de las facilities del proceso. Con esta herramienta se estableció la capacidad determinística de la empresa (correspondiente a 96 placas/día), junto con la identificación del cuello de botella. Adicionalmente, este modelo permitió obtener la capacidad estocástica de la planta, por medio de la integración de funciones de distribución, correspondiente a 64 placas/día. Con esta información fue posible estudiar los recursos necesarios para la ampliación de la capacidad de línea.
- Posteriormente, se diseñó un modelo para la determinación de los costos variables del proceso. Con esta herramienta se analizó el coste unitario por placa, a diferentes volúmenes de producción, con lo cual se estudió la capacidad máxima y las inversiones requeridas para el incremento de la capacidad de línea. Finalmente, curvas de costos marginales y costo medio variable fueron determinadas.
- Posteriormente, se llevaron a cabo estudios financieros por medio de la proyección de los estados de resultados, balance y flujos de la compañía. De esta forma fue determinado el valor de la empresa, y fue desarrollado un modelo de simulación para estudiar todos los posibles casos de demanda. De esta forma fue obtenido el VAN de la compañía, para todos los escenarios posibles (desde pesimista a optimista) según los niveles de aceptación del proyecto por el cliente.

Al concluir este estudio, queda determinado que las condiciones actuales del mercado son óptimas para la implementación del proyecto. Esto debido a que la rentabilidad proyectada supera las expectativas que la compañía pueda tener en el caso de continuar con el ejercicio actual, incluso bajo escenarios pesimistas para el proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN DE LA FIRMA Y EL PROYECTO	1
1.1 NEGOCIO DE LA FIRMA.....	1
1.1.1 Productos Procesados	1
1.1.2 Clientes que Demandan Selecciones Genéticas.....	1
1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA FIRMA	2
1.3 LAYOUT DE PLANTA.....	2
1.4 EL PROYECTO.....	4
1.4.1 Objetivo del Proyecto de Tesis	5
CAPÍTULO 2 ESTUDIO DEL MERCADO Y PROYECCIÓN DE LA DEMANDA.....	6
2.1 ANTECEDENTES DEL MERCADO	6
2.1.1 Compañías Ofertantes y Demandantes	6
2.1.2 Datos Históricos de la Demanda de Mercado	7
2.1.3 Proyección de la Demanda de Mercado	8
2.1.4 Proyección de la Demanda en el Marco del Proyecto	10
2.1.5 Participación de la firma en el Mercado	13
2.1.6 Precio de Tratamientos DH vs Participación de Mercado.....	14
2.1.7 Conclusiones del Estudio de Mercado	16
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS ESTRATÉGICO.....	17
3.1 ANÁLISIS EXTERNO	17
3.1.1 Supply Chain de la Industria	17
3.1.2 Análisis PEST: Estudio de Factores Externos.	18
3.1.3 Descripción de las Industrias utilizando las Cinco Fuerzas de Porter.....	20
3.1.4 Análisis de las Industrias utilizando los Poderes de Mercado.....	21
3.1.5 Conclusiones del Análisis Externo	24
3.2 ANÁLISIS INTERNO	25
3.2.1 Análisis de la Cadena de Valor.....	25
3.2.2 Actividades Primarias	27
3.2.3 Actividades de Apoyo	27
3.2.4 Análisis de Recursos, Capacidades y Competencias Centrales	28
3.2.5 Análisis de Benchmarking.....	29
3.2.6 Conclusiones del Análisis Interno	32
3.3 ESTRATEGIAS GENÉRICAS.....	33
3.3.1 Matriz FODA	33
3.3.2 Matriz Atractivo de la Industria/Fortalezas del Negocio.....	34
3.3.3 Análisis Estratégico de Posicionamiento: Nueva Matriz A/F.....	35

3.3.4	Conclusiones del Análisis de Estrategias Genéricas y Posicionamiento.....	37
3.4	CONCLUSIONES SOBRE EL PROYECTO DE TESIS.....	38

CAPÍTULO 4 ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO SIN/CON PROYECTO 39

4.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO ACTUAL SG1	39
4.2	FLWSHEET OPERACIONAL <i>SIN</i> PROYECTO.....	40
4.2.1	Descripción de Facilities de Flowsheet <i>sin</i> Proyecto.....	42
4.3	CAPACIDADES Y TIEMPOS DE PROCESO POR FACILITIES DEL <i>SIN</i> PROYECTO	46
4.3.1	Capacidades y Tiempos Determinísticos/Estocásticos de las Facilities Manuales.....	47
4.3.2	Capacidades y Tiempos Determinísticos/Estocásticos de las Facilities Automatizadas	48
4.3.3	Capacidad Estocástica Total del Proceso SG1 <i>sin</i> Proyecto.	50
4.3.4	Optimizaciones del Proceso Productivo <i>sin</i> Proyecto.	51
4.3.5	Capacidad Estocástica Total Optimizada del Proceso SG1 <i>sin</i> Proyecto.	56
4.3.6	Conclusiones del Estudio de Capacidades y Tiempos del <i>sin</i> Proyecto.....	58
4.4	ANÁLISIS DEL NUEVO PROCESO DE DOBLE HAPLOIDES	59
4.5	FLWSHEET OPERACIONAL <i>CON</i> PROYECTO.....	61
4.5.1	Descripción de Facilities Pertencientes al Proyecto.....	63
4.5.2	Layout de la Estación Experimental del Proyecto de Doble Haploides.....	66
4.6	CAPACIDADES POR FACILITY DEL FLWSHEET DEL PROYECTO	68
4.6.1	Capacidad y Tiempo Determinístico/Estocástico de Facilities Manuales del Proyecto	68
4.6.2	Capacidad y Tiempo Determinístico/Estocástico Facilities Automatizadas del Proyecto... ..	69
4.6.3	Capacidad Estocástica Total del Proceso DH.....	69
4.6.4	Conclusiones del Estudio de Capacidades y Tiempos del Proyecto	71
4.7	ESTUDIO DEL PROCESO GLOBAL (SG1, DH Y SG2).	72
4.7.1	Capacidad de las Facilities en Comparación a la Demanda Proyectada.	73
4.7.2	Conclusiones del Modelamiento del Proceso en el <i>con</i> Proyecto	75
4.8	CONCLUSIONES SOBRE LA CAPACIDAD DEL PROCESO GLOBAL.....	75

CAPÍTULO 5 MODELO DE SIMULACIÓN DE COSTOS 76

5.1	COSTOS DE INVERSIÓN EN EQUIPOS EN EL <i>SIN</i> PROYECTO.....	76
5.2	COSTOS FIJOS DEL FLWSHEET <i>SIN</i> PROYECTO.....	77
5.2.1	Costos Fijos Mensuales Relacionados a la Producción del <i>sin</i> Proyecto	77
5.2.2	Costos Fijos Administrativos Mensuales del <i>sin</i> Proyecto	78
5.3	MODELO DE COSTOS VARIABLES <i>SIN</i> PROYECTO.....	78
5.3.1	Costos Variables por Facility del <i>sin</i> Proyecto.....	78
5.3.2	Modelo de Costos Variables por Partidas del Flowsheet <i>sin</i> Proyecto	79
5.3.3	Momento Mensual del <i>sin</i> Proyecto	79
5.4	COSTOS DE INVERSIÓN EN EQUIPOS <i>CON</i> PROYECTO.....	84
5.5	COSTOS FIJOS ADMINISTRATIVOS Y OPERATIVOS <i>CON</i> PROYECTO	85
5.5.1	Costos Fijos Mensuales Relacionados a la Producción <i>con</i> Proyecto	85

5.5.2	Costos Fijos Administrativos Mensuales <i>con</i> Proyecto	86
5.6	MODELOS DE COSTOS VARIABLES <i>CON</i> PROYECTO	87
5.6.1	Costos Variables por Facility en el <i>con</i> Proyecto.....	87
5.6.2	Modelo de Costos Variables por Partidas del Proyecto	89
5.6.3	Momento Mensual <i>con</i> Proyecto.....	89
5.7	CONCLUSIONES COMPARACIÓN MOMENTO MENSUAL <i>CON/SIN</i> PROYECTO	94

CAPÍTULO 6 . MODELO DE SIMULACIÓN FINANCIERA..... 95

6.1	SIMULACIÓN FINANCIERA EN EL <i>SIN</i> PROYECTO	95
6.1.1	Estado de Resultados en el <i>sin</i> Proyecto.....	95
6.1.2	Balance de la Empresa <i>sin</i> Proyecto.....	101
6.1.3	Flujo de Caja Libre <i>sin</i> Proyecto.....	102
6.1.4	Ratios Financieros <i>sin</i> Proyecto.....	103
6.2	SIMULACIÓN FINANCIERA <i>CON</i> PROYECTO	104
6.2.1	Estado de Resultados <i>con</i> Proyecto	104
6.2.2	Balance de la Empresa <i>con</i> Proyecto.....	108
6.2.3	Flujo de Caja Libre <i>con</i> Proyecto	108
6.2.4	Ratios Financieros <i>con</i> Proyecto.....	109
6.3	CONCLUSIÓN COMPARATIVO DE ESTADOS FINANCIEROS <i>CON/SIN</i> PROYECTO	110
6.3.1	Comparativo de Estados de Resultados.	110
6.3.2	Comparación de Balance.....	111
6.3.3	Comparación de Flujo de Caja Libre.....	112
6.3.4	Comparación de Ratios.....	113

CAPÍTULO 7 . CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 114

7.1	RESUMEN DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y DEL PROYECTO	114
7.2	INDICADORES FINANCIEROS	119
7.3	CONCLUSIONES FINALES AL ESTUDIO.....	122

BIBLIOGRAFÍA **124**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Datos históricos de muestras analizadas por la firma en el periodo 2006 a 2013.....	7
Tabla 2.2 Placas analizadas durante el año 2013.....	9
Tabla 2.3 Destino de los análisis SG1 una vez que se entrega a los clientes el informe de resultados.....	11
Tabla 2.4 Equivalencia entre demanda total y porcentaje de clientes potenciales para SG2.....	12
Tabla 2.5 Placas diarias analizadas en Diciembre 2013 y su proyección al 2020.	12
Tabla 2.6 Precios de Mercado (CLP) para Tratamientos DH realizados el año 2013.	15
Tabla 4.1 Capacidad de facilities manuales en placas/hora y tiempos de proceso en minutos/placa.....	47
Tabla 4.2 Capacidad de facilities automatizadas en placas/hora y tiempos en minutos/placa.	49
Tabla 4.3 Capacidad determinística y estocástica del proceso SG1 global.....	50
Tabla 4.4 Nueva capacidad determinística y estocástica del proceso SG1.....	57
Tabla 4.5 Tiempos y capacidades determinísticos/estocásticos de las facilities manuales del proyecto. .	68
Tabla 4.6 Tiempos y capacidades de la estación automatizada de Liofilizado.	69
Tabla 4.7 Capacidad de placas por día del proyecto de tratamientos de doble haploides.	70
Tabla 4.8 Nueva capacidad del proceso SG1/SG2.	74
Tabla 4.9 Nueva capacidad del proceso SG1/SG2.	74
Tabla 5.1 Capacidades máximas diarias de las facilities tras las optimizaciones aplicadas al sistema.....	76
Tabla 5.2 Costos fijos relacionados a la producción en el sin proyecto.....	77
Tabla 5.3 Costos fijos administrativos mensuales del sin proyecto.....	78
Tabla 5.4 Costos Variables por unidad de producción en el sin proyecto.	80
Tabla 5.5 Modelo de Costos Variables por partidas del sin proyecto.	80
Tabla 5.6 Momento Mensual a partir de datos históricos de placas analizadas durante el año 2013.	82
Tabla 5.7 Capacidades máximas diarias y costos de inversiones.....	84
Tabla 5.8 Costos fijos relacionados a la producción en el con proyecto.	85
Tabla 5.9 Costos fijos administrativos mensuales del con proyecto.	86
Tabla 5.10 Costos variables por placa de insumos consumidos en cada estación de los procesos DH.	88

Tabla 5.11 Modelo de Costos Variables por partidas del proyecto.....	90
Tabla 5.12 Momento Mensual con proyecto.....	91
Tabla 5.13 Cuadro comparativo de la situación actual en el sin proyecto versus costos e ingresos esperados en el con proyecto.....	94
Tabla 6.1 Ratios y supuestos utilizados para la generación de los Estados Financieros sin proyecto.....	95
Tabla 6.2 Estado de resultados sin proyecto, proyectado desde el año 2014 al 2020.....	99
Tabla 6.3 Balance de la firma sin proyecto, periodo 2014 - 2020.	101
Tabla 6.4 Flujo de Caja Libre sin proyecto, periodo 2014 - 2020.....	102
Tabla 6.5 Ratios asociados a las proyecciones de EERR, Balance y Flujos del sin proyecto.	103
Tabla 6.6 Ratios y supuestos utilizados para la generación de los Estados Financieros con proyecto. ...	104
Tabla 6.7 Deuda adquirida al implementar el proyecto y sostener su operación durante tres años.	104
Tabla 6.8 Desglose de la deuda adquirida al implementar la estación de doble haploidía.....	105
Tabla 6.9 Estado de resultados con proyecto, proyectado desde el año 2014 al 2020.	106
Tabla 6.10 Balance de la firma estimado para el periodo 2014 - 2020 en la situación con proyecto.....	108
Tabla 6.11 Flujo de Caja Libre de la firma con proyecto, periodo 2014 - 2020.	109
Tabla 6.12 Ratios asociados a las proyecciones de EERR, Balance y Flujos del con proyecto.	109
Tabla 6.13 Estado de resultados comparativo entre el con y sin proyecto.....	110
Tabla 6.14 Balance comparativo entre las situaciones de con y sin proyecto.....	111
Tabla 6.15 Flujo de Caja Libre comparativo entre las situaciones de con y sin proyecto para la firma. ...	112
Tabla 6.16 Comparativo de ratios entre las situaciones del con y sin proyecto para la firma.	113

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 Datos históricos de demanda diaria de placas en el año 2013 versus la capacidad de planta. En rojo la proyección de los meses de Diciembre hasta el año 2020.	10
Gráfico 2.2 Demanda diaria de placas para estudios SG1 + SG2 proyectada al 2020.	13
Gráfico 2.3 Participación de mercado de las principales empresas y laboratorios independientes.	14
Gráfico 2.4 Precio de tratamientos DH versus la participación de mercado de laboratorios.	15
Gráfico 7.1. Comparación de los ingresos para el año 2014 y 2020 entre el <i>con</i> y <i>sin</i> Proyecto.	119
Gráfico 7.2. Comparación del Índice EBITDA para las proyecciones de los Estados de Resultados 2014 a 2020 entre el <i>con</i> y <i>sin</i> Proyecto.	120
Gráfico 7.3. Comparación valor VAN al finalizar los 7 años de proyecto, en diferentes escenarios de captura de demanda proyectada entre el <i>con</i> y <i>sin</i> Proyecto.....	121
Gráfico 7.4. Valor de la firma bajo distintos escenarios y para la situación del <i>con</i> y <i>sin</i> Proyecto.	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Layout actual del laboratorio de análisis genéticos implementado por la firma.....	3
Figura 2.1 Demanda mundial de maíz y su consumo (en millones de toneladas).....	7
Figura 2.2 Histórico de fluctuaciones presentes en la demanda mensual, en el periodo 2006 - 2013.....	8
Figura 2.3 Proyección de la demanda	9
Figura 4.1 Diagrama general del proceso de selección genética.....	39
Figura 4.2 Flowsheet operacional sin proyecto.	41
Figura 4.3 Placa de plástico de 96 pocillos.....	42
Figura 4.4 Proceso de transferencia de reactivos.....	44
Figura 4.5 Ejemplo demostrativo de gráficos de dispersión.....	46
Figura 4.6 Histograma relacionado a la capacidad estocástica de la línea de producción SG1.....	51
Figura 4.7 Dispensador de semillas.....	55
Figura 4.8 Histograma relacionado a la nueva capacidad estocástica de la línea de producción SG1.....	57
Figura 4.9 Esquema de la organización del ADN dentro de cromosomas en el núcleo celular.....	59
Figura 4.10 Flowsheet operacional del sin proyecto unido al Flowsheet operacional del proyecto.	62
Figura 4.11 Mazorca de maíz resultante de cruce entre trigo variedad Stock 6 con maíz.	63
Figura 4.12 Semillas haploides.....	64
Figura 4.13 Embrión (en el bisturí) separado de la semilla.....	64
Figura 4.14 Placa de Petri.....	65
Figura 4.15 Proceso de mitosis normal e inhibida por Colchicina.	66
Figura 4.16 Layout de la estación experimental para tratamientos de doble haploidía.	67
Figura 4.17 Histograma relacionado a la capacidad estocástica de la línea de producción DH.	70
Figura 4.18 Esquema del proceso global SG1 → DH → SG2.	72
Figura 5.1 Costos Variables, Medio y Marginal calculados para la producción de placas.....	81
Figura 5.2 Costos Variables, Medio y Marginal para la producción de placas a través de DH/SG2.	90
Figura 7.1 Comparación de la demanda estimada entre el con y sin proyecto, periodo 2014 - 2020.	115

Figura 7.2 Comparación de Costos Variables entre el con y sin Proyecto. 116

Figura 7.3 Comparación de Costos Fijos entre el con y sin Proyecto. 116

Figura 7.4 Comparación de los minutos en el sistema por placa entre el con y sin Proyecto..... 117

Figura 7.5 Comparación de la capacidad por placa producidas por hora y placas producidas por día entre el *con* y *sin* Proyecto..... 118

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN DE LA FIRMA Y EL PROYECTO

1.1 NEGOCIO DE LA FIRMA

El negocio de la firma es la realización de estudios genéticos en vegetales (principalmente maíz), con el fin de determinar a nivel de ADN las cualidades futuras que tendrán las plantas estudiadas. Entre los tipos de estudios genéticos posibles, la empresa se dedica específicamente al servicio de selección genética, consistente en la determinación de las mejores variedades vegetales según su secuencia de ADN.

1.1.1 Productos Procesados

El principal producto procesado en la firma consiste en **muestras de hojas tratadas para la obtención ADN y su posterior análisis genético**, para el uso de esta información en programas de Mejoramiento Genético Asistido. Para esto, el cliente envía muestras de semillas dentro de **Placas Plásticas**, las cuales serán la **unidad equivalente** a utilizar en este estudio. Una placa plástica contiene hasta 96 muestras de semillas a testear.

De esta forma, el **Input** principal al proceso corresponde a unidades de placas plásticas, las cuales contienen muestras para ser analizadas. Al terminar el proceso, el **Output** al cliente consiste en un **Informe con la selección genética** realizada. En este punto concluye la interacción entre la firma y el cliente, volviendo a reanudarse en el siguiente envío de nuevas muestras para su estudio.

Otros productos procesados son los análisis en otros vegetales (arroz, girasol, tomate), los cuales se realizan en una escala mucho menor y de demanda infrecuente, por lo cual el enfoque de este estudio será sólo sobre el principal producto procesado, correspondiente a maíz.

1.1.2 Clientes que Demandan Selecciones Genéticas

Los principales clientes corresponden a grandes empresas agricultoras, dedicadas a la producción de vegetales para su uso en alimentación. Existen otros segmentos de clientes enfocados en jardinería o generación de combustibles, pero en comparación al área alimenticia su demanda es significativamente menor, por lo cual no será el foco de este estudio.

Desde el punto de vista de los clientes, la importancia de este estudio radica en el tiempo, dinero y recursos que se rescatan al plantar directamente vegetales que *se sabe* que tendrán cualidades óptimas para su venta en el mercado, por lo que de esta forma grandes empresas agricultoras evitan plantar hectáreas que puedan no proliferar, ser susceptibles a enfermedades o no ser productivas al momento de la cosecha.

Otros grupos menores de clientes demandantes considerados en este análisis corresponden a laboratorios científicos independientes y universidades enfocadas en estudios del área R&D.

1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA FIRMA

Actualmente, la firma está enfocada en la producción de informes con selecciones genéticas a partir del proceso de extracción de ADN y testeo. En una jornada laboral de 8 horas se realizan 15 diferentes procesos productivos, comprendidos en tres grandes etapas: Extracción de ADN, testeo con marcadores moleculares y selección genética.

Para esto existe un personal de planta de 28 personas, entre las cuales se distribuyen cargos de coordinación, administrativos y operacionales, organizados para cubrir la demanda diaria de placas que llega al laboratorio, al igual que planificar la esperada.

Hoy en día, la firma se especializa en el servicio de selección genética, pero cabe destacar que dentro de la **industria de los estudios genéticos** en general, existen diversos tipos de estudios demandados, como por ejemplo la secuenciación de ADN, chips de detección de polimorfismos, tratamientos de doble haploidía, organismos transgénicos, análisis enzimáticos, entre otros.

Las instalaciones de la firma consisten en un laboratorio de 840 m² ubicado en las afueras de Santiago, donde se lleva a cabo el proceso completo desde la recepción de muestras hasta la generación de reportes con selecciones genéticas. El laboratorio está dividido en una primera área destinada a la producción misma, donde se distribuyen 14 facilities organizadas según la secuencia del proceso, el cual es lineal. Además, una segunda área donde se encuentra la facility número 15, donde se analizan los resultados brutos entregados por el laboratorio y son transformados en informes con las selecciones genéticas pertinentes. Igualmente en la segunda área se encuentra el resto de las oficinas administrativas y de coordinación.

1.3 LAYOUT DE PLANTA

A continuación el layout actual del laboratorio implementado por la firma (**Figura 1.1**). En éste se destaca la distribución de las facilities dentro de las áreas y la disposición de espacios.

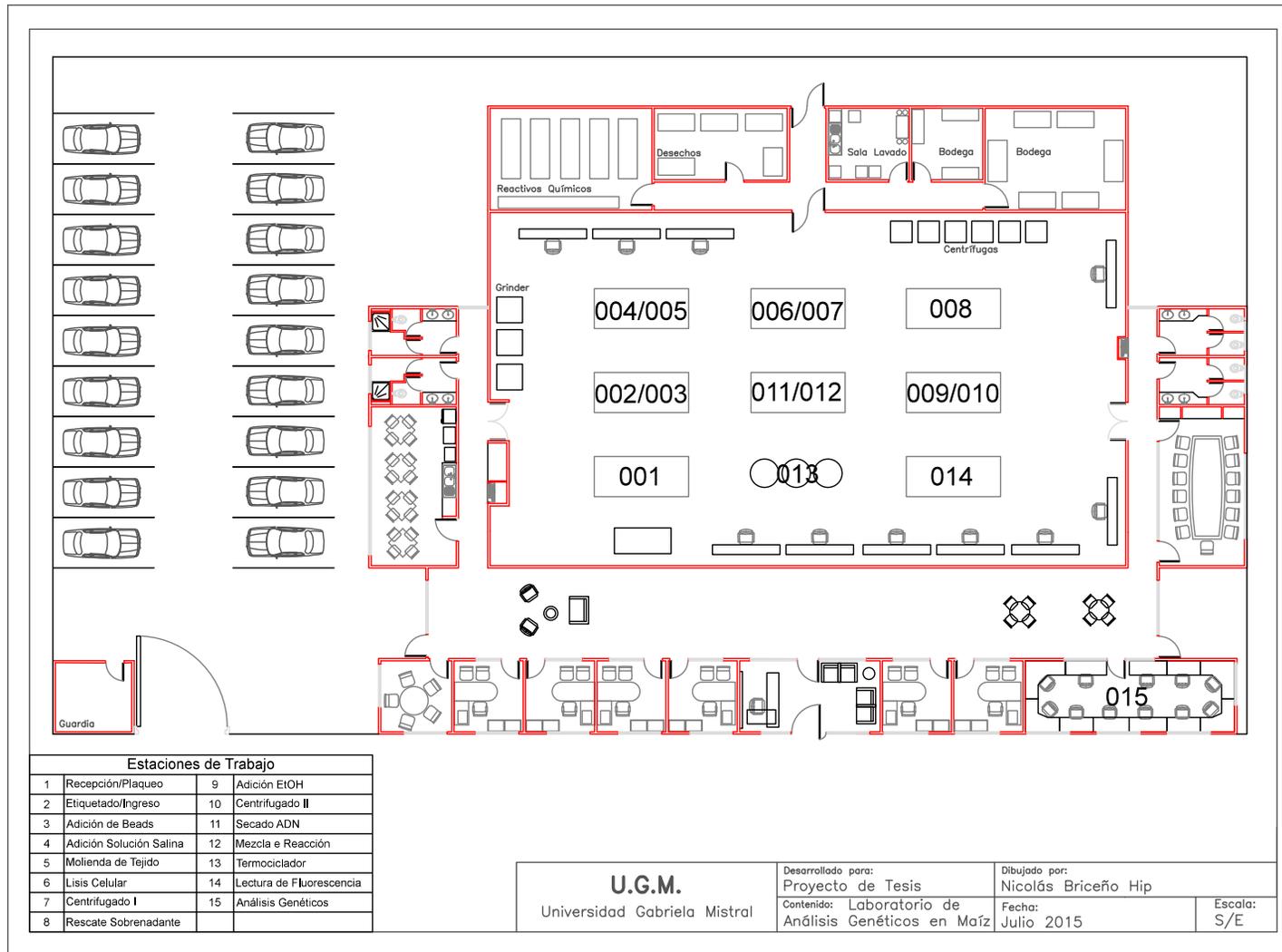


Figura 1.1 Layout actual del laboratorio de análisis genéticos implementado por la firma.

Nota: El proceso productivo en sí se realiza en el centro de la planta, mientras que el área administrativa y el centro de estudios se ubican alrededor de éste.

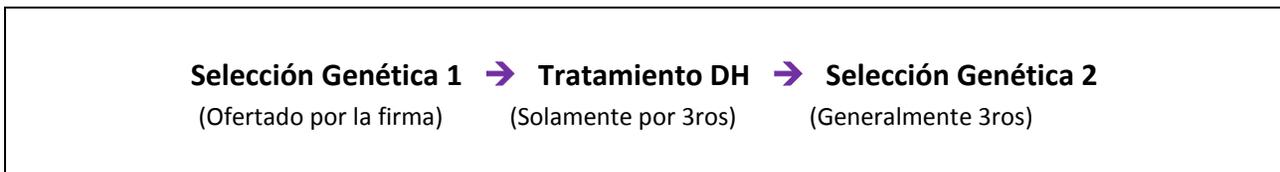
1.4 EL PROYECTO

Entre todos los servicios ofrecidos en la Industria de los Estudios Genéticos generales, existen otras técnicas además de la selección genética que hoy se realiza en las instalaciones de la firma, y que son necesarias para completar los proyectos de Mejoramiento Genético Asistido de los clientes.

La mayoría de los clientes que hoy realizan Mejoramiento Genético Asistido, necesitarán además de **Tratamientos de Doble Haploidía (DH)** sobre las plantas que fueron seleccionadas genéticamente. Este proceso corresponde a una línea totalmente diferente de procedimientos, donde las plantas seleccionadas son tratadas químicamente para lograr homologar su carga genética (detalles de este proceso en la **Sección 4.5**).

Actualmente, la firma no realiza este servicio de doble haploidía, por lo cual la demanda actual de servicios de selección genética luego se va a diversos laboratorios terceros de la competencia, donde los clientes pueden cerrar los ciclos de investigación genética de sus proyectos de mejoramiento. Es importante destacar que estos clientes que realizan tratamientos DH luego requerirán hacer pasar las plantas por una segunda ronda de selección genética (que es el fuerte actual de la firma), demanda que también suele quedarse con la competencia puesto ofrecen los distintos servicios de manera integrada.

Un esquema del proceso que realiza la empresa se presenta a continuación.



Por lo tanto, de este ciclo la firma sólo participa en la **Selección Genética 1**. El proceso de **Tratamientos DH** se realiza con terceros, mientras que el de **Selección Genética 2** es una demanda que puede o no venir de vuelta a la firma, ya que generalmente se distribuye a otras compañías que ofertan el servicio DH.

El presente proyecto planteado para la empresa, apunta a la captura de esta demanda que se diluye en la competencia, por lo cual se estudia la implementación de una estación experimental de doble haploidía contigua al actual laboratorio. En esta estación se instalaría una línea de producción destinada a la generación de plantas DH para los actuales y potenciales nuevos clientes, con el objetivo de aumentar la actual participación de la empresa en el **Mercado de los Estudios Genéticos en Vegetales**, y en específico entrando al **Mercado de los Tratamientos de Doble Haploidía**.

1.4.1 Objetivo del Proyecto de Tesis

El título y los objetivos planteados para el proyecto desarrollado en esta tesis:

Título del Proyecto: Evaluación de Estación Experimental para Tratamientos Genéticos de Doble Haploidía.

Objetivo 1: Estudio de la implementación de una estación con una línea de producción para tratamientos de Doble Haploidía (**DH**) en plantas de maíz.

Objetivo 2: Estudio de la expansión de la capacidad de la línea de producción actual, ahora dirigida para poder procesar la demanda actual de Selecciones Genéticas 1 (**SG1**) y además recibir la nueva demanda de servicios de Selección Genética 2 (**SG2**).

Respecto al **Objetivo 1**, el procedimiento es el siguiente:

- a) Estudio del mercado, estimación de la demanda y determinación de la magnitud del proyecto (**Sección 2.1**).
- b) Descripción del nuevo proceso a introducir por la firma y definición de los márgenes de éste (**Sección 4.4**).
- c) Diseño del diagrama de flujo y descripción detallada de facilities pertenecientes al proceso de tratamientos DH (**Sección 4.5**).
- d) Costeo del proyecto (**Sección 5.4; Sección 5.5; Sección 5.6**).
- e) Estudio de indicadores financieros (**Sección 6.2**).
- f) Determinación del Valor aportado por el proyecto a la firma en comparación a la situación sin proyecto (**Sección 6.3**).

Respecto al **Objetivo 2**, el procedimiento es el siguiente:

- a) Diseño y estudio del flujo del proceso global SG1 ▶ DH ▶ SG2 (**Sección 4.7**).
- b) Determinación de componentes que generarían variabilidad en las capacidades de las estaciones y determinación de capacidades estocásticas (**Sección 4.3; Sección 4.6**).
- c) Estudio de optimizaciones e inversiones necesarias sobre estaciones de trabajo críticas (**Sección 4.3.4**).
- d) Determinación de la capacidad final de planta (estocástico), considerando su funcionamiento para responder diariamente en conjunto a la demanda de servicios SG1, SG2 y DH (**Sección 4.7.1**).

CAPÍTULO 2 ESTUDIO DEL MERCADO Y PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

2.1 ANTECEDENTES DEL MERCADO

Se realizó un estudio de las interacciones de las empresas dentro del **Mercado de los Estudios Genéticos en Vegetales**. A continuación se describe el mercado, el estudio de la demanda actual con su proyección a futuro y la participación que tiene actualmente la firma dentro de este mercado.

Adicionalmente, en la **Sección 2.1.6**, se realiza un análisis de la competencia de mercado para la determinación del precio al cual la firma debe ofertar los nuevos servicios de Tratamientos DH y Análisis SG2, según el foco que tendrá la firma dentro del margen de este proyecto.

2.1.1 Compañías Ofertantes y Demandantes

En la industria de los estudios genéticos para mejoramiento genético en plantas, interactúan diversas firmas que ofrecen servicios de biología molecular (generalmente interrelacionados entre sí), enfocados al potenciamiento de vegetales. En la actualidad, los servicios más demandados son los de selección genética y los de tratamientos de doble haploides, debido a su costo y corto tiempo de obtención de resultados. Otros servicios menos demandados y ya antes mencionados, no son tan requeridos debido al bajo volumen de datos, tiempo de obtención de datos, el alto costo asociado o la reproducibilidad y límites de la técnica.

En el mercado de estudios genéticos en vegetales las firmas interactúan con clientes que en su mayoría corresponden a empresas dedicadas a la agricultura, de las cuales el mayor porcentaje de ellas demandan análisis sobre plantas de maíz. Esto debido a que este cultivo es el más consumido nivel global tanto para alimentación humana, animal, generación de biocombustibles, aceites, papel, textil, pegamentos, cosmética y actualmente se comienza a utilizar para generación de plásticos biodegradables.

Otros vegetales que debido a su consumo también se les realizan estudios genéticos son la cebada, la soya, el arroz y el trigo, que a modo de ejemplo su producción mundial en millones de toneladas durante el periodo 2013/2014 fue de 145, 284, 475 y 713 respectivamente. En el caso de maíz, su producción para este periodo fue de 991 millones de toneladas, valor que se mantiene constantemente por sobre otros vegetales (**Figura 2.1**). Este motivo es el que hace que estudios genéticos en este cultivo sean el principal foco de atención de los clientes que participan de este mercado.

Respecto a los ofertantes, en esta industria existen dos compañías mayores a las cuales se enfrenta la firma, y quienes se llevan la mayor participación de mercado debido a su larga trayectoria y experiencia en técnicas de biología molecular. Entre todos los estudios genéticos antes mencionados, estas compañías competidoras ofrecen en conjunto los servicios de Análisis SG1, Tratamientos DH y Análisis SG2, motivo por el cual suelen llevarse a un grupo importante de clientes que precisan de los tres tipos de servicios para completar los ciclos involucrados dentro de sus proyectos de mejoramiento asistido por marcadores.

Dentro de la **Sección 2.1.5** se profundiza con detalle sobre las interacciones de la firma con la competencia y sus participaciones de mercado.

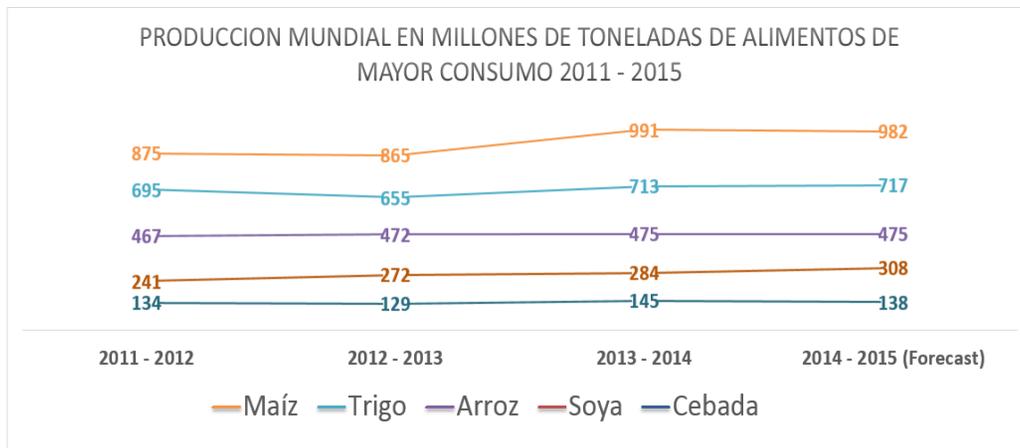


Figura 2.1 Demanda mundial de maíz y su consumo (en millones de toneladas).

Fuente: International Grains Council. Five-year global supply and demand projections. Canada Sq., London (2014).

2.1.2 Datos Históricos de la Demanda de Mercado

Como base del estudio de proyección, se recopiló la información de datos históricos que se han registrado desde el año 2006 hasta el 2013, de muestras de semillas de Maíz analizadas por la firma (**Tabla 2.1**). Al ordenar las cantidades de muestras de manera mensual se observa la presencia de fluctuaciones en los volúmenes demandados de análisis.

Tabla 2.1 Datos históricos de muestras analizadas por la firma en el periodo 2006 a 2013.

Demanda Mensual de Muestras de Semillas Analizada								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Enero	86.123	53.092	60.998	68.721	56.763	76.432	82.342	102.227
Febrero	120.543	109.877	94.873	100.983	118.735	94.821	132.414	109.352
Marzo	115.938	84.272	109.288	74.982	117.532	123.455	129.882	96.226
Abril	73.422	82.855	67.533	90.387	87.422	89.643	129.344	109.038
Mayo	56.233	67.843	69.832	95.389	78.644	78.432	95.633	96.508
Junio	86.900	67.992	88.322	109.872	68.754	64.922	78.832	119.666
Julio	81.231	122.320	89.322	111.234	99.872	104.356	90.998	115.652
Agosto	83.243	73.822	79.833	68.754	109.823	110.988	98.821	103.641
Septiembre	57.321	89.532	97.402	87.532	68.721	90.231	87.341	107.561
Octubre	93.457	108.342	93.762	98.456	109.872	124.565	88.896	124.608
Noviembre	92.854	115.876	120.938	87.943	106.992	140.293	139.753	138.941
Diciembre	134.975	126.874	156.721	168.743	140.982	113.455	157.882	173.107
Total	1.082.240	1.102.697	1.128.824	1.162.996	1.164.112	1.211.593	1.312.138	1.396.527

Se determinó el patrón mensual en las variaciones estacionales de la demanda, siendo los meses de verano donde se concentra la mayor cantidad de análisis requeridos (**Figura 2.2**).

Entre estos datos, el mes de Diciembre es el que históricamente ha registrado los mayores niveles de demanda de análisis de muestras.

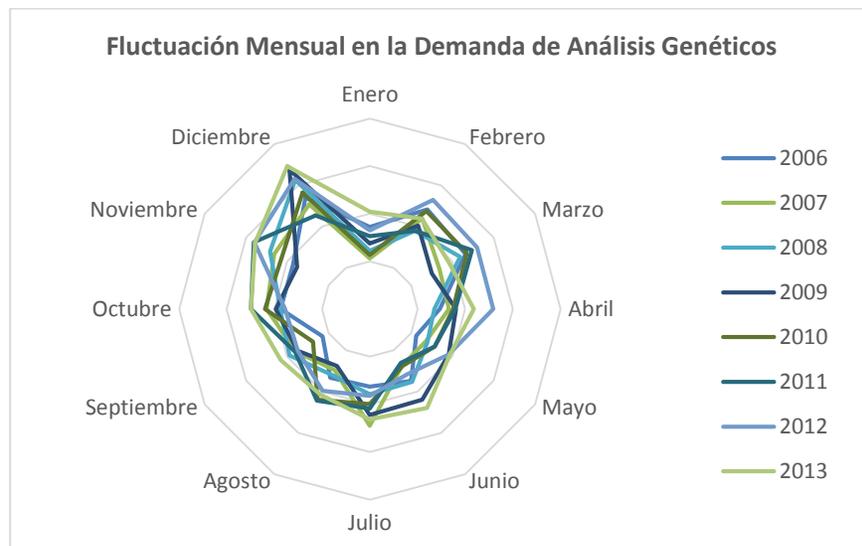


Figura 2.2 Histórico de fluctuaciones presentes en la demanda mensual, en el periodo 2006 - 2013.

2.1.3 Proyección de la Demanda de Mercado

Inicialmente, se estudiaron múltiples variables independientes para proyectar la demanda, según como estuviesen relacionadas con la fluctuación de la cantidad de semillas a analizar. Entre las variables estudiadas fueron: El crecimiento de la producción de maíz de clientes que realizan análisis, el crecimiento poblacional de países demandantes de esta producción, el crecimiento de las hectáreas utilizadas para plantación de maíz, entre otros.

En el estudio basado en regresiones lineales entre la variable dependiente (datos históricos) y las variables independientes descritas, no se encontró una correlación de datos suficiente como para dar soporte al análisis. Adicionalmente, los factores de crecimiento proyectados obtenidos no se condecían lo suficiente con el actual crecimiento que ha tenido la empresa, por lo cual no se consideraron válidos.

El problema para la proyección de esta demanda radica en la necesidad de variables independientes que efectivamente estén relacionadas de forma directa con las fluctuaciones en los requerimientos de análisis genéticos, y de esta forma determinar qué es lo que provoca que clientes aumenten su demanda por el servicio.

Por este motivo, para obtener la proyección de la demanda basándose en un dato más sólido, se analizó el crecimiento promedio anual que ha tenido la empresa durante los ocho años comprendidos en el periodo 2006 al 2013 (basándose en los datos históricos), siendo este valor de un **3,74%** de crecimiento anual (Figura 2.3). De esta forma, con este factor se proyectó la cantidad de muestras demandadas por los clientes desde el año 2014 al año 2020.

	Demanda Anual de Muestras
2006	1.082.240
2007	1.102.697
2008	1.128.824
2009	1.162.996
2010	1.164.113
2011	1.211.593
2012	1.312.138
2013	1.396.527
2014	1.448.780
2015	1.502.988
2016	1.559.225
2017	1.617.565
2018	1.678.089
2019	1.740.877
2020	1.806.015

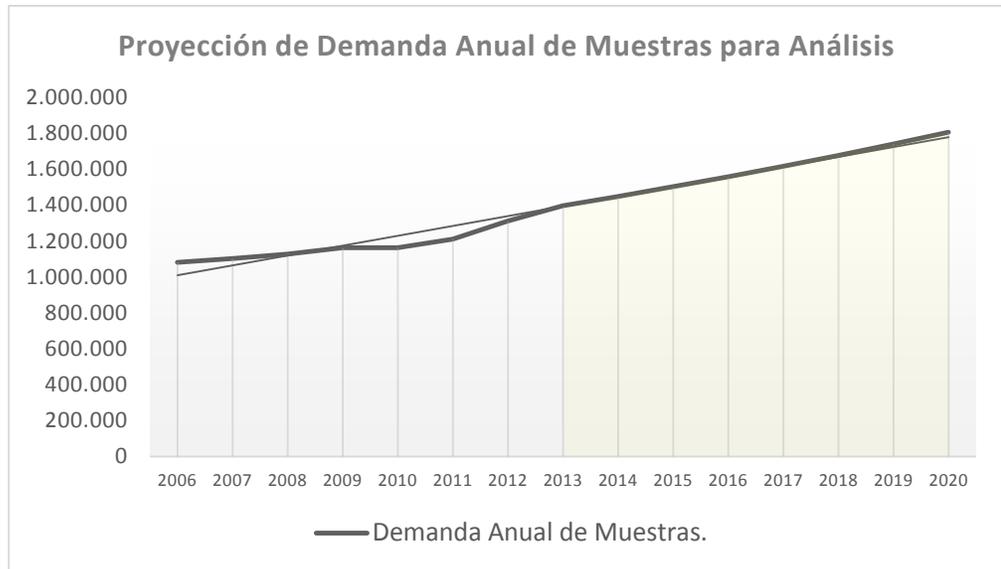


Figura 2.3 Proyección de la demanda.

Nota: Se consideró el factor promedio de crecimiento histórico de 3,74%. Se estimó el volumen de análisis a procesar en el periodo 2014 a 2020.

Se proyecta que para el año 2020 las muestras a analizar aumenten a **1.8 millones de semillas**, correspondientes a **18.813 placas anuales** (96 muestras hacen una placa). Es importante llevar estos valores a un estimado de placas por día, puesto la capacidad actual diaria del laboratorio es de **64 placas** por cada jornada laboral, lo cual se espera que sea insuficiente para el año 2020 y deberá ser estudiado en el **Capítulo 3** (análisis de capacidad de planta).

Para tener un estimado más preciso de la demanda diaria se considerarán las fluctuaciones mensuales históricas. En el **Gráfico 2.1** se tomó como punto de referencia el año 2013 y se graficó el comportamiento de la demanda versus la capacidad actual del laboratorio. Como fue determinado anteriormente, el valor más alto en el año 2013 se observa en el mes de Diciembre, donde llegaron al laboratorio un total de 1.803 placas de muestras, equivalentes a un promedio de 90 placas por día (**Tabla 2.2**), lo cual estuvo por sobre la capacidad de planta para entonces. En el mes de Octubre y Noviembre de ese año también llegó una importante cantidad de placas, periodo en el cual el laboratorio tuvo que aplicar estrategias temporales para suplir la demanda (re-ordenamientos de procedimientos, contrataciones temporales, etc.).

Tabla 2.2 Placas analizadas durante el año 2013.

	Año 2013											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Placas Mensuales	1.065	1.139	1.002	1.136	1.005	1.247	1.205	1.080	1.120	1.298	1.447	1.803
Placas Diarias	53	57	50	57	50	62	60	54	56	65	72	90

Nota: Se calculó su equivalente en placas diarias considerando un promedio de 20 días hábiles.

Considerando al mes de Diciembre como el **máximo posible** de demanda diaria, se proyectó hacia el 2020 con un crecimiento de 3,74% (según fue previamente calculado), con el fin de estimar la capacidad máxima necesaria (**Gráfico 2.1**).

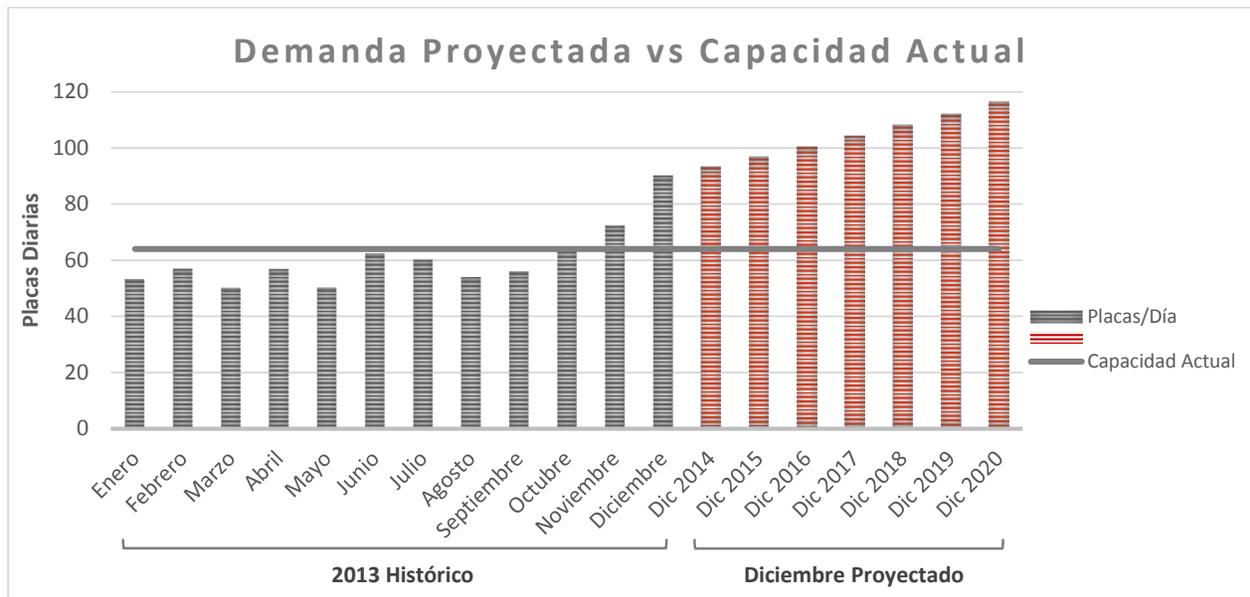


Gráfico 2.1 Datos históricos de demanda diaria de placas en el año 2013 versus la capacidad de planta.
Nota: En rojo la proyección de los meses de Diciembre hasta el año 2020.

Se estima que desde el año 2014 hasta el 2020 el máximo de demanda diaria aumente desde 93 a 116 placas respectivamente, durante los meses de Diciembre. Si bien la capacidad actual calculada es de 64 placas/día, la capacidad **determinística** real es de 96 placas/día (**Sección 4.3**), a lo cual el laboratorio puede llegar cuando aplica estrategias temporales de aumento de capacidad. Sin embargo, inclusive elevando la capacidad a este nivel, se estima que a esta tasa de crecimiento y sin la implementación del proyecto el laboratorio no sería capaz de suplir los pedidos recibidos para el año 2020.

2.1.4 Proyección de la Demanda en el Marco del Proyecto

En la situación sin proyecto, las proyecciones obtenidas reflejan una falta de capacidad de planta para las demandas esperadas hacia el año 2020. Esto, considerando **solamente la capacidad actual que está destinada para análisis del tipo SG1**.

Además, dentro del marco del proyecto, **se realizarán además los servicios de tratamientos DH y análisis SG2**. Para los procesos de doble haploidía se estudiará la implementación de una línea productiva totalmente independiente de la actual, pero para el caso de los análisis SG2, éstos compartirían la línea actual de SG1.

El estudio de la ampliación de la capacidad de esta línea es parte de los objetivos del proyecto, por este motivo en este capítulo de proyección de la demanda también se considerarán

los análisis SG2, utilizando un estimativo de placas esperado, según las necesidades de los clientes actuales de la compañía.

Se determinó dentro de la firma el destino de todos los análisis del tipo SG1 que llegan al laboratorio, tanto por grandes compañías del rubro alimenticio, empresas agriculturas, instituciones científicas y universidades (**Tabla 2.3**). Del análisis se desprende que el **60%** de los clientes utilizarán la información obtenida para luego realizar tratamientos DH y análisis SG2 con laboratorios terceros. Seguido a esto, existe un grupo de clientes (17%) que realizará cruza directamente sin pasar por tratamientos de haploidía. Un grupo de clientes (13%), que no usará esa información en cruza, sino sólo para determinar la presencia de transgenes en sus cultivos. Un grupo (6%), que sólo busca confirmar genéticamente una partida de plantas con las que trabaja y, un último grupo (4%), donde se consideró al resto de los clientes que realizan investigaciones en general en vegetales y que no están interesados en realizar cruza.

Tabla 2.3 Destino de los análisis SG1 una vez que se entrega a los clientes el informe de resultados.

Destino de Análisis SG1	Porcentaje de Clientes
Tratamientos DH – Análisis SG2	60%
Cruzas Directas	17%
Determinación de Transgénicos	13%
Confirmación Genética	6%
Investigación General	4%

De este análisis se destaca que la mayor parte de los clientes actuales se van a laboratorios terceros una vez obtenidos los datos de estudios SG1, que provee la firma en su condición actual. Este 60% (desde ahora referido como el **grupo de clientes potenciales**), conforma el público objetivo al cual quiere llegar el proyecto, siendo la porción de mercado objetivo a capturar y mantener dentro de la firma.

Posteriormente, se realizó una encuesta tentativa a este grupo de clientes potenciales, tras la cual se determinó que aproximadamente la mitad de ellos (por lo tanto, 30% de la demanda total) se ve interesado en la continuidad de los procesos SG1 ▶ DH ▶ SG2 centralizado dentro de la firma, puesto les significa un ahorro importante en tiempo de despacho entre laboratorios, costos de transporte y pérdidas por manipulación de muestras.

Bajo este marco, el proyecto planteado en este trabajo fue construido dentro de un periodo de 7 años, en los cuales se apunta hacia la captura de la totalidad del 60% actual de clientes potenciales. Inicialmente, se estima que con el lanzamiento del proyecto se pueda trabajar solo con el 30% inicial de clientes que en la encuesta se ha declara como interesado, y desde este punto base se esperaría una captura aproximada del 5% anual, hasta la cobertura de la totalidad de los clientes potenciales de la firma para el año 2020 (**Tabla 2.4**).

Tabla 2.4 Equivalencia entre demanda total y porcentaje de clientes potenciales para tratamientos SG2.

Periodo	Equivalente de Demanda Total	Definición
2014	30%	Crecimiento estimado como el 5% anual, entre clientes que actualmente ya realizan análisis SG1 en la firma.
2015	35%	
2016	40%	
2017	45%	
2018	50%	
2019	55%	
2020	60%	Captura de la totalidad de clientes SG1 actuales.

Trabajando en base a esta proyección y al crecimiento determinado de estudios SG1, se calculó la demanda relativa de estudios SG2 esperada respecto al crecimiento de estudios SG1 (Tabla 2.5). Se determinó de esta forma la suma total de estudios diarios (tanto SG1 como SG2) que se estima sean demandados al laboratorio durante los meses punta de Diciembre hasta el año 2020 (columna **Placas/Día SG1 + SG2** de la tabla).

Tabla 2.5 Placas diarias analizadas en Diciembre 2013 y su proyección al 2020.

Periodo	Crecimiento Demanda SG1	Placas/Día SG1	Demanda SG2 Relativa a Placas/Día SG1	Placas/Día SG2	Placas/Día SG1 + SG2	10% Repeticiones
Dic 2013	-	90	-	0	90	99
Dic 2014	3,74%	93	30%	28	122	134
Dic 2015	3,74%	97	35%	34	131	144
Dic 2016	3,74%	100	40%	40	141	155
Dic 2017	3,74%	104	45%	47	152	167
Dic 2018	3,74%	108	50%	54	163	179
Dic 2019	3,74%	112	55%	62	174	192
Dic 2020	3,74%	116	60%	70	187	205

Nota: Se estimó la demanda relativa de placas diarias para estudios SG2 respecto a la proyección de análisis SG1.

Adicionalmente, considerando que por lo general el 10% de las placas analizadas deben ser repetidas diariamente (debido a problemas de calidad de resultados), se agregó una columna final **“10% Repeticiones”** donde se estima la cantidad de placas diarias nuevas **más** las placas de repetición que la línea de producción debe ser capaz de procesar diariamente.

Esto quiere decir, que la implementación del proyecto significa un aumento en la demanda del 60% para el año 2020, equivalente a 187 placas/día, con un **máximo de 205 placas/día** a considerar posibles repeticiones. Por lo tanto, tras el estudio de la demanda proyectada (ahora dentro del margen del proyecto), se obtiene que la capacidad de planta (tanto estocástica como la real determinística), sería insuficiente a contar desde Diciembre del primer año de implementación (**Gráfico 2.2**).

Por otro lado, respecto a la demanda diaria de tratamientos DH, esta viene a ser la misma que de estudios SG2, puesto un procedimiento precede al otro, llegando a un máximo de 70 tratamientos por día para Diciembre 2020. Debido a que ésta consiste en una línea de producción totalmente independiente, su capacidad se estudia a parte dentro del mismo **CAPÍTULO 4**.

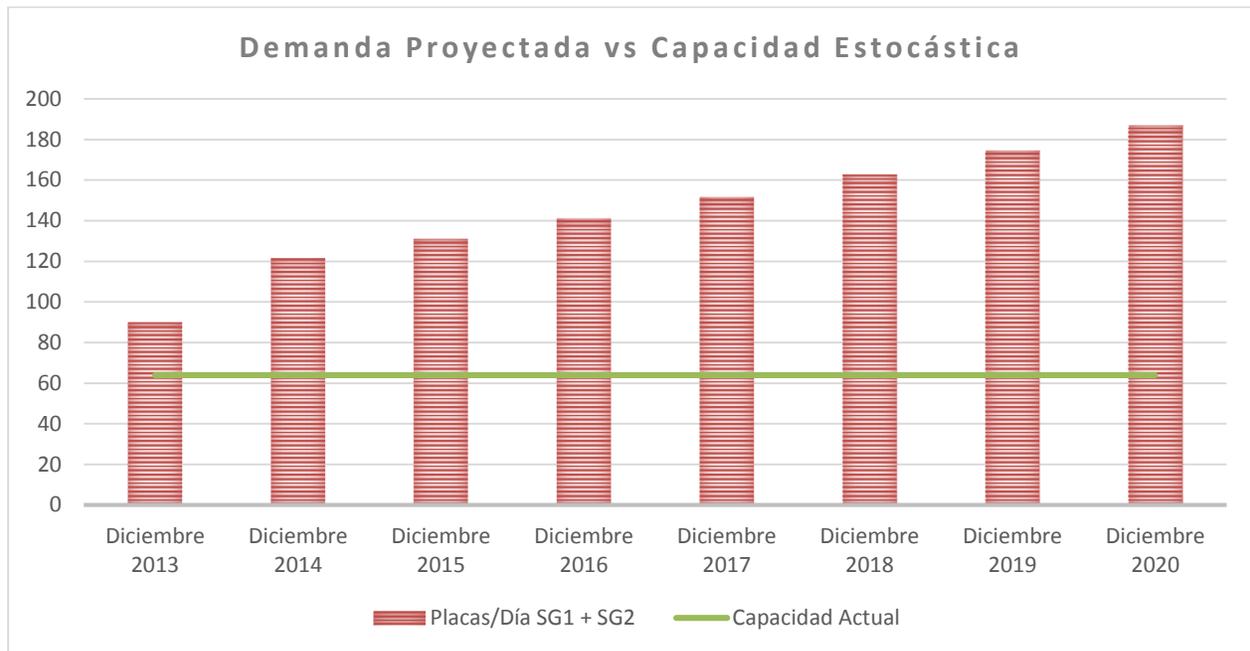


Gráfico 2.2 Demanda diaria de placas para estudios SG1 + SG2 proyectada al 2020.

Nota: El año 2013 corresponde sólo a SG1. La capacidad estocástica actual de la planta es de 64 placas/día.

En conclusión a la sección de estudio de la demanda, en la firma actual se estima un crecimiento promedio anual del 3,74% sobre los análisis del tipo SG1. Adicionalmente a esto, en la firma *dentro* del margen del proyecto se espera que la demanda de placas a analizar crezca desde un 30% en el primer año (debido a estudios SG2), hasta un 60% al finalizar el proyecto para el 2020. En conjunto con los estudios SG2, el nuevo servicio de tratamientos DH sería del mismo volumen y crecería a la misma razón puesto son procedimientos que se preceden. Considerando la capacidad de planta actual, será necesario realizar un estudio de ampliación de capacidades para la línea de análisis genéticos (SG1 y ahora además SG2), en conjunto con la implementación de la estación experimental para tratamientos DH.

2.1.5 Participación de la firma en el Mercado

En esta sección se describirán las participaciones de las distintas empresas que ofrecen servicios en el Mercado de Estudios Genéticos en Vegetales, dentro los cuales incluyen diversas técnicas de biología molecular:

- Selección genética asistida por marcadores moleculares (técnica más demandada).

- Tratamientos DH (técnica complementaria a la anterior, relativamente nueva).
- Otros estudios menos demandados (iso-enzimas, secuenciación, etc.)

Dos grandes empresas interactúan en el mercado de estudios genéticos en vegetales que incluyen tanto el servicio de selección genética como tratamientos DH, las cuales manejan la mayor participación de mercado y referidas acá como las compañías **Líder A (35%** de participación), y **Líder B (23%** de participación) (**Gráfico 2.3**). A continuación, sigue la **Firma en Estudio** donde se realiza el presente análisis (**14%** de participación) y que en la actualidad sólo realiza el servicio de selección genética. Finalmente, se describen laboratorios especializados en tratamientos DH referidos como **Competencias A** hasta **D** y luego otros laboratorios menores con técnicas no tan demandadas referidos como **Otros**.

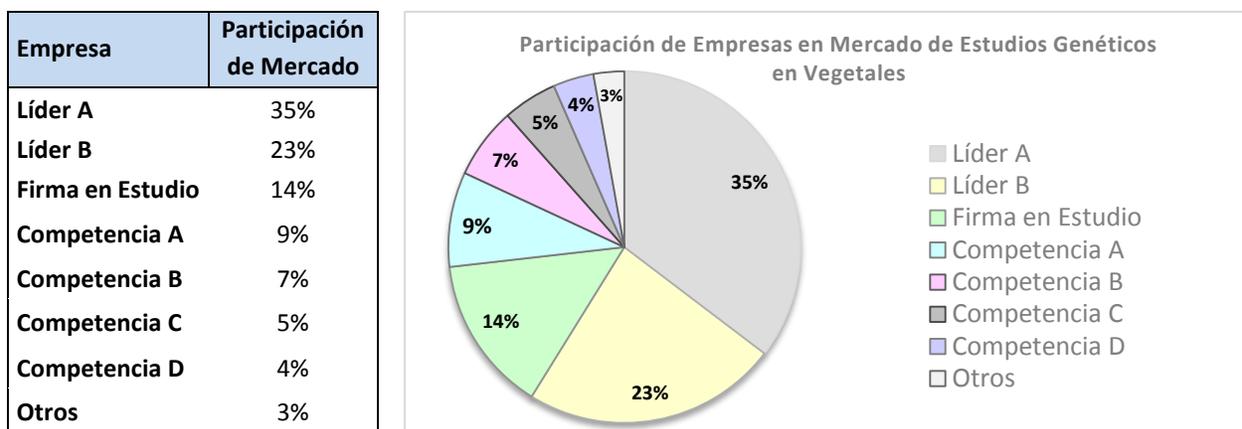


Gráfico 2.3 Participación de mercado de las principales empresas y laboratorios independientes.

Nota: Todas estas empresas ofertan servicios de estudios genéticos en vegetales.

Por lo tanto, se pueden agrupar a las empresas ofertantes del mercado de estudios genéticos en vegetales según:

- Selección genética + Tratamientos DH:** Líderes A y B.
- Sólo Selección genética:** Firma actual en estudio.
- Sólo Tratamientos DH:** Laboratorios Competencia A, B, C y D.
- Otras Técnicas:** Otros Laboratorios menores.

Considerando estas categorías se desarrolló un gráfico de participación de mercado respecto al precio ofertado en la siguiente sección (**Gráfico 2.4**), donde se analiza la posición que tomaría la empresa con la implementación del proyecto.

2.1.6 Precio de Tratamientos DH vs Participación de Mercado.

Fueron analizados los volúmenes de tratamientos DH llevados a cabo por las distintas empresas participantes del mercado durante el año 2013, luego sus participaciones de mercado y los precios ofertados por cada una de ellas (**Tabla 2.6**).

Del Mercado de Estudios Genéticos Vegetales, se puede realizar un acercamiento al segmento específico que realiza tratamientos DH, del cual la firma no participa hoy en día. En este se observa que las empresas Líderes A y B tienen el mayor porcentaje de participación con un 41% (31.488 tratamientos) y 27% (20.736 tratamientos) respectivamente para el año 2013. La empresa Líder A oferta el servicio a \$30.000 CLP, mientras que la empresa Líder B lo hace a \$27.600 CLP. Las Competencias A hasta D, correspondientes a laboratorios independientes, tienen una menor participación de mercado que va desde el 9% al 7%, con precios de incluso la mitad que el ofertado por la Líder A.

Tabla 2.6 Precios de Mercado (CLP) para Tratamientos DH realizados el año 2013.

Empresa	Tratamientos DH 2013	Participación	Precio
Líder A	31.488	41%	\$ 30.000
Líder B	20.736	27%	\$ 27.600
Competencia A	6.687	9%	\$ 22.200
Competencia B	6.499	8%	\$ 19.200
Competencia C	5.958	8%	\$ 17.400
Competencia D	5.432	7%	\$ 15.000

Es importante destacar que acá se ven dos de las categorías descritas al final de la sección anterior: Las empresas Líderes A y B tienen la capacidad de ofrecer continuidad de análisis al ofertar **Selecciones Genéticas + Tratamientos DH**, lo cual significa un valor agregado que impacta positivamente en su participación de mercado. Por otro lado, las Competencias A hasta la D están en la categoría de **Sólo Tratamientos DH**, puesto se especializan en eso (**Gráfico 2.4**).

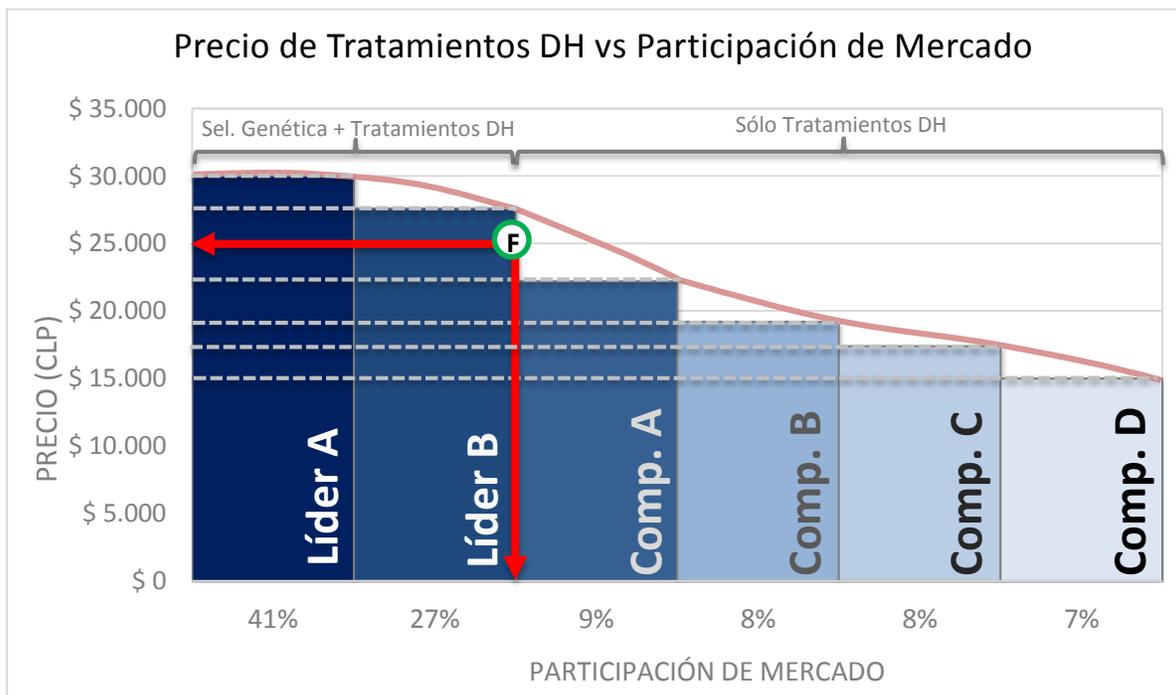


Gráfico 2.4 Precio de tratamientos DH versus la participación de mercado de laboratorios.

Se destaca en el gráfico con una doble flecha roja el punto donde la firma busca entrar al implementar el proyecto de la estación experimental para servicios de doble haploidía. Este corresponde a la frontera entre la competencia que sólo ofrece tratamientos DH y las compañías líderes que ofrecen tanto tratamientos DH como selección genética

Este punto fue determinado debido a que la firma comenzaría a ofrecer el servicio genético continuado de SG1 ▶ DH ▶ SG2, lo cual la ubica en la misma posición que las dos empresas líderes. Para capturar parte de la participación de mercado de éstas, será necesario una estrategia de precio, por lo cual inicialmente se ofertaría un monto menor al de las compañías líderes.

Por otro lado, este monto puede ser mayor que el de las empresas de la Competencia A hasta D, puesto no ofrecen el servicio continuo y se busca capturar de su participación de mercado a clientes que estén interesados en centralizar los análisis en un solo lugar.

El rango de precios que se encuentra en esta frontera es entre los \$22.200 CLP (Competencia A) y los \$27.600 CLP (Líder B). Bajo la estrategia ya mencionada, se determinó que el punto óptimo de entrada al mercado se ubica en el precio de **\$25.200 CLP** por tratamiento DH, del cual su costo marginal de producción para la firma sería de **\$3.517**, según se verá en el **Capítulo 4**.

2.1.7 Conclusiones del Estudio de Mercado

- a) La firma especializada en biotecnología interactúa en el Mercado de Estudios Genéticos en Vegetales, donde en la actualidad posee un 14% de participación.
- b) El servicio ofrecido hoy en día es el de SG1. Con la implementación del proyecto se apunta a diversificar los servicios a la cadena completa SG1 ▶ DH ▶ SG2.
- c) Al proyectar la demanda hacia el año 2020, se estima que esta crecerá a un 3,74% anual para estudios SG1. Adicionalmente, se espera que los nuevos servicios DH y SG2 tengan una demanda equivalente al 30% de los pedidos de análisis SG1, y que vayan aumentando hasta un 60% para el año 2020. La capacidad de planta necesitará ser re-evaluada puesto se estima que será insuficiente una vez implementado el proyecto.

Del Mercado de Estudios Genéticos Vegetales generales, se puede hacer un acercamiento sólo considerando a empresas que realizan tratamientos DH. En este nuevo mercado más específico la firma no participa, pero se busca entrar a través del proyecto. Se estudió una estrategia de precio, que determina al monto \$25.200 CLP como el óptimo para la captura inicial de participación de mercado de empresas Líderes y las Competidoras menores.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS ESTRATÉGICO

3.1 ANÁLISIS EXTERNO

3.1.1 Supply Chain de la Industria

El Supply Chain de la Industria del Mejoramiento Genético Vegetal comienza cuando el cliente decide enviar muestras para testear, a laboratorios que realizan diversos estudios genéticos enfocados en la producción de vegetales con cualidades óptimas (**Figura 3.1**). Una vez que las plantas son seleccionadas en las fases iniciales, éstas pasarán al proceso de multiplicación de semillas (P&S, Production and Supply) para que luego estas semillas sean vendidas en sacos al retail y de ahí al cliente final.



Figura 3.1 Supply chain de la Industria del Mejoramiento Genético Vegetal.

Nota: Los mercados de transacción fueron representados con la letra M entre las etapas de la cadena de suministro.

Respecto a los participantes de la cadena de suministro:

Servicios de Estudios Genéticos: Industria de R&D enfocada en prestar el servicio de análisis genéticos en vegetales y determinar plantas con mejores cualidades genéticas. Contiene estudios de selección genética, doble haploidía y otras técnicas menos demandadas.

P&S Semillas: Industria de Producción y Suministro (P&S), encargada de multiplicar semillas que fueron seleccionadas por las industrias de los Estudios Genéticos. Estas semillas pueden tener diversos destinos, como por ejemplo para su uso en jardinería, agricultura o biodiesel, dependiendo de los mercados a los que esté enfocado el cliente. En el caso específico de este estudio se verá el caso de plantas de maíz mejoradas para su uso en agricultura.

Retail: Tiendas mayoristas y minoristas que distribuyen los sacos de semillas obtenidos de la fase de Producción y Suministro.

Cliente: Comprador final de semillas.

M1 (Mercado 1): Mercado de Estudios Genéticos Vegetales.

M2 (Mercado 2): Mercado de venta de semillas entre productores y retail.

M3 (Mercado 3): Mercado de venta de semillas entre retail y cliente final.

Si desagregamos los **Servicios de Estudios Genéticos** entre los principales análisis que ahí se ofertan, se pueden observar los tres estudios más demandados y que son realizados en cadena: Selección Genética 1 (SG1), Tratamiento Doble Haploide (DH) y Selección Genética 2 (SG2). Descritos en la **Figura 3.2-A**.

En la actualidad, la firma en estudio sólo realiza la primera de estas actividades, perdiendo parte de la demanda de clientes que luego se va a laboratorios terceros. En la figura antes mencionada, se esquematiza el flujo del proceso desagregado y se destaca la etapa donde actualmente actúa la firma, las etapas que realizan laboratorios terceros, los clientes y el retail.

En la **Figura 3.2-B**, se esboza cómo quedaría la postura de la firma al adoptar el proyecto de implementación de una estación experimental para tratamientos DH. En este nuevo escenario, la firma pasaría a realizar dos actividades que actualmente son llevadas a cabo por la competencia.

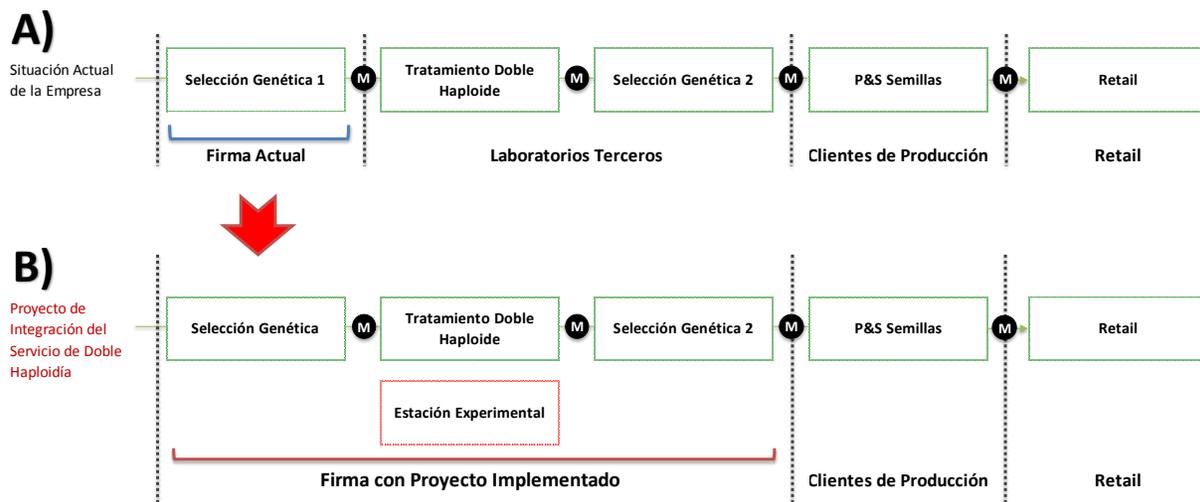


Figura 3.2 Supply chain de la industria del Mejoramiento Genético Vegetal.

Nota: La etapa de estudios genéticos desagregada. En **A)** se muestra la cadena de suministro destacando el rol en el que actúa hoy la firma de estudio. En **B)** se muestra como la firma expande sus servicios integrándose verticalmente en el Supply Chain.

Como se ejemplifica en esta figura, el foco principal al que apunta el proyecto es a la captura de la demanda que actualmente se diluye entre laboratorios terceros, con la finalidad de aumentar los ingresos y participación de mercado de la firma.

3.1.2 Análisis PEST: Estudio de Factores Externos.

Se desarrolló un análisis de factores externos que afectan a la industria, explicitando entre paréntesis su impacto en el negocio.

a) Factores de Mercado y Económicos (**Atractivo**)

El tamaño del mercado es atractivo, sobretodo en el exterior, puesto que la Industria del Mejoramiento Genético Vegetal se mantiene en crecimiento debido a la constante necesidad de generar productos alimenticios superiores, para una población mundial en aumento. En la

actualidad, la población mundial corresponde aproximadamente a 7.1 billones de personas, lo cual se espera que crezca a 9.1 billones para el año 2050. Considerando que los espacios cultivables son cada vez menos, puesto se utilizan para construcción, se vuelve necesario incrementar el **rendimiento y cantidad** de nutrientes de especies vegetales a través de ingeniería genética y así poder responder a este crecimiento demandante.

Otro punto adicional es la baja **sensibilidad del precio**, el cual también es un factor atractivo, ya que variaciones en el precio no suelen conllevar a una sustitución del producto, puesto que al ser complejo este tipo de análisis se genera fidelidad por parte de los clientes. Múltiples factores tienen que ir de la mano junto con la variación de precio para que los clientes migren de proveedor, entre los cuales el de mayor peso es la marca y las recomendaciones de clientes que lograron programas de mejoramiento genético exitosos. Una selección genética incorrectamente realizada conlleva a importantes pérdidas de dinero y tiempo a los clientes, motivo por el cual se fidelizan con una marca que les otorga confianza y demuestra resultados óptimos.

Un tercer punto económico a destacar, es que debido a que la empresa realiza el cobro a sus clientes en dólares y a su vez en esta misma divisa cancela los insumos/equipos que adquiere, no se ve mayormente afectada por fluctuaciones en esta moneda que puedan causar inestabilidad económica.

b) Factores Gubernamentales y Sociales (Neutro)

Regulaciones gubernamentales pueden afectar el desarrollo de programas de mejoramiento genético, y por ende, la demanda de análisis genéticos. Esto suele darse para casos donde el mejoramiento incluye el uso de transgenes dentro de las especies vegetales. Un transgen corresponde al gen de una especie que es insertado en otra (por ejemplo, el gen de resistencia a una plaga de una flor puede ser insertado en maíz para que ahora éste sea resistente a esta plaga y no haya que usar pesticidas). En algunos **países como Chile está prohibido el uso de transgenes** para su uso en vegetales que estén a la venta (sólo está permitido con fines de estudio R&D). Este tipo de regulación impide que la industria pueda desarrollarse más ampliamente y es uno de los motivos por el cual la mayoría de los clientes de la firma se encuentran en el extranjero.

c) Factores Tecnológicos (Poco Atractivo)

Para permanecer en esta industria es necesario que las compañías se mantengan **actualizadas en las últimas herramientas biotecnológicas** disponibles, tanto a nivel de la técnica misma ocupada, como de los equipos utilizados para el procesamiento de un alto número de muestras. Este dinamismo tecnológico obliga a las empresas a mantenerse actualizadas para ser competitivas, lo que impone altas barreras para nuevos entrantes pero a la vez significa un constante movimiento de fondos a inversión.

d) Factores Sociales (Poco Atractivo)

En este tipo de estudios genéticos es importante el componente cultural del país donde se desarrolla la empresa. Existe un fuerte factor mediático difundido por grupos activistas que demonizan la Industria del Mejoramiento Genético Vegetal como productos dañinos que conllevan a un sin fin de enfermedades de riesgo vital. Lamentablemente, para la industria es complejo controlar este tipo de movimientos a pesar de tener toda la evidencia y respaldo acreditado, puesto que por lo general la mayoría de la población no conoce a profundidad los términos científicos necesarios como para formar opinión propia, y en su defecto se cae en aceptar el dictamen de grupos activistas. Es importante que las empresas del área ayuden a difundir el conocimiento científico y que se explique con claridad los pros y los contras que éste pueda traer, lo cual en la actualidad puede ser un tema delicado dependiendo del país donde la compañía se esté desarrollando.

3.1.3 Descripción de las Industrias utilizando las Cinco Fuerzas de Porter

Fueron estudiadas las cinco fuerzas de Porter para caracterizar la situación actual de la Industria del Mejoramiento Genético Vegetal. En la **Figura 3.3** se esquematiza los resultados de este estudio.



Figura 3.3 Análisis de las cinco fuerzas de Porter para a Industria de Estudios Genéticos en Vegetales.

La amenaza de posibles **Nuevos Entrantes** es baja debido a la existencia de barreras de entrada (principalmente referidas a altas inversiones iniciales en tecnología) y, además, altas barreras de salida debido a la especialización de activos fijos, cuyo uso es para actividades exclusivas del área genética, lo que limita su re-venta. Adicionalmente, para ingresar a esta industria se requiere no sólo de toda una plataforma en tecnología genética, sino que además capital humano muy especializado en el área.

La amenaza desde los **Proveedores** es baja, debido a que los insumos comprados (placas, reactivos químicos) no son diferenciados. Tienen una baja capacidad de negociación, existiendo en el mercado múltiples proveedores que ofrecen productos sustitutos.

Los **Sustitutos** en esta industria suelen ser imperfectos, puesto que si bien varias compañías pueden ofrecer selecciones de plantas de maíz, el producto final no será necesariamente el mismo que hubiese resultado de haber trabajado con otra compañía. Esto debido a que las técnicas y la rigurosidad de los procedimientos de selección genética entre empresas varía, por lo tanto, las semillas finalmente seleccionadas para la venta son similares *pero no idénticas*. Adicionalmente, cambiar a proveedores sustitutos no es tan simple para clientes que ya han comenzado un programa de mejoramiento genético con una compañía, puesto los tipos de técnicas y los marcadores moleculares utilizados son distintos.

La capacidad de negociación de los **Clientes** es baja, debido a que este tipo de análisis es determinante para el comienzo de su temporada de plantación, motivo por el cual el precio no es necesariamente el factor más importante a considerar sino la calidad y precisión del estudio. Entre la variedad existente de proveedores de servicios genéticos, uno de los principales factores que les hará decidir por una empresa es su ubicación (tiempo de importación/exportación de las muestras) y el reconocimiento de la marca.

Finalmente respecto a la **Rivalidad de la Competencia**, se da en esta industria que uno de los factores más importantes es la diferenciación y valor de la marca que construyen las compañías. En general el precio de los productos no es una determinante clave de la rivalidad, sino más bien la imagen y seguridad que proyectan las empresas a clientes que necesitan estudios precisos y consistentes para mejorar el rendimiento de sus plantaciones. Se suele dar que un cliente que tuvo un año de buena cosecha gracias a las selecciones genéticas se fideliza rápidamente con la compañía, puesto la importancia que tiene el no perder un año de producción y hectáreas cultivables en selecciones que hayan sido inadecuadas.

3.1.4 Análisis de las Industrias utilizando los Poderes de Mercado

El poder de mercado es la capacidad de la empresa de subir los precios por sobre sus costos marginales, para lo cual debe haber cierta inelasticidad en la demanda y escasa o nula presencia de sustitutos al aumentar los precios. Para el caso de la industria en estudio, se calcularon los poderes de mercado de **M1**, **M2** y **M3** antes descritos en la **Figura 3.1**, correspondientes a la interacción entre el Servicio de Estudios Genéticos/P&S Semillas, P&S

Semillas/Retail y Retail/Cliente Final respectivamente. Se consideró la situación actual de la firma, donde sólo se oferta el servicio de selección genética SG1.

M1 Servicio de Estudios Genéticos / P&S Semillas: Servicio SG1.

Se determinó el poder de mercado de la firma en M1. El precio utilizado corresponde al cobrado por la firma por el estudio SG1 realizado sobre una placa de 96 muestras. Los costos marginales son los generados al realizar este estudio, como se verá en el **CAPÍTULO 5**.

$$PM \text{ firma} = (P - CMg) / CMg$$

$$PM \text{ firma} = (\$60.000 - \$12.083) / \$12.083$$

$$PM \text{ firma} = 3,96$$

Se observa un valor alto para el poder de mercado calculado, esto debido a la gran diferencia entre los costos marginales de realizar una selección genética y el precio ofertado en el mercado. Para tener un punto de comparación, se estimó el poder de mercado de la empresa Líder A, considerando que su precio de venta de selección genética es de \$66.000 y utilizando el mismo costo marginal de la firma de estudio, con la finalidad de tener una referencia:

$$PM \text{ Líder A} = (P - CMg) / CMg$$

$$PM \text{ Líder A} = (\$66.000 - \$12.083) / \$12.083$$

$$PM \text{ Líder A} = 4,46$$

La importancia de calcular esta referencia es para la determinación de la escala correcta al desarrollar la matriz de atractivo de la industria en la sección **3.3.2**.

Esta escala será:

PM < 2,0 Mercado poco atractivo.

PM ≥ 2,0 Mercado atractivo.

PM > 4,0 Mercado muy atractivo.

Notar que esta escala es específica para el mercado de estudio, no siendo necesariamente el rango de estudio más comúnmente utilizado.

M2 P&S Semillas / Retail: Saco de semilla de Maíz.

Los análisis genéticos transados en M1 darán a selecciones de plantas que posteriormente serán cultivadas para multiplicar sus semillas. Del análisis de una placa de 96 muestras suelen salir 10 a 20 plantas que son seleccionadas, de las cuales los clientes plantan cientos de semillas para su multiplicación. El precio en este mercado corresponde a un saco de semillas de maíz de 20 kilos vendido al retail, mientras que el costo marginal considera costos de análisis, plantación, multiplicación de semillas y transporte por saco de maíz, entre otros.

$$PM \text{ Clientes P\&S} = (P - CMg) / CMg$$

$$PM \text{ Clientes P\&S} = (\$76.500 - \$25.340) / \$25.340$$

$$PM \text{ Clientes P\&S} = 2,02$$

M3 Retail / Cliente Final: Saco de semilla de Maíz.

El precio corresponde al ofertado por el retail al cliente final, mientras que el costo se consideró como el precio al cual se compra un saco a P&S Semillas.

$$PM \text{ Retail} = (P - CMg) / CMg$$

$$PM \text{ Retail} = (\$115.900 - \$76.500) / \$76.500$$

$$PM \text{ Retail} = 0,51$$

Diagnóstico del Análisis de Poderes de Mercado.

Para los participantes descritos existe mayor poder de mercado entre más al comienzo de la cadena de suministro se encuentren. Se definirá el diagnóstico en orden ascendente.

Retail.

El sector del Retail es quien tiene el menor poder de mercado (0,51), debido a que tiene la estructura de un mercado competitivo donde existen varias empresas dedicadas al mismo rubro, ofreciendo productos idénticos (mismas marcas), lo cual puede llevar a guerra de precios.

- **Atractivo:** Industria poco atractiva, no diferenciada, bajas barreras de entrada/salida, debido a guerra de precios se transforma en precio-aceptante.

- **Oportunidades:** Bajas, búsqueda de nuevas marcas atractivas con las cuales se acuerden contratos de exclusividad de venta.

- **Amenazas:** Altas, entrada de nuevos competidores con mismos productos.

P&S Semillas.

El sector de producción y suministro de semillas tiene un poder de mercado en el límite de un mercado atractivo/poco atractivo (PM = 2,02), según la escala descrita. Los productos que ofrecen gozan de cierto grado de diferenciación, puesto la carga genética de las variedades vegetales con las cuáles cada empresa trabaja.

- **Atractivo:** Industria atractiva, con cierto grado de diferenciación, pero bajas barreras de entrada/salida.

- **Oportunidades:** Es muy importante el desarrollo de variedades vegetales únicas. Inversión en tecnologías que aporten valor al proceso de multiplicación de semillas.

- **Amenazas:** Entrada de nuevos competidores con vegetales de características genéticas similares o mejores, pérdida de la heterogeneidad del producto.

Servicio de Estudios Genéticos.

Los proveedores de análisis genéticos al comienzo de la cadena de suministro son quienes poseen el mayor poder de mercado ($PM = 3,96$), siendo éste un mercado muy atractivo. Este tipo de empresa enfrenta una **estructura de mercado de competencia monopolística**, donde los productos ofrecidos son heterogéneos, tanto por sus cualidades objetivas (tipo de técnica, banco de marcadores moleculares, servicio post-venta, etc.), como por sus cualidades subjetivas (percepción y prestigio de la marca), por lo cual los consumidores distinguen claramente la existencia de otros factores además de diferencias de precios entre los ofertantes. A diferencia de un mercado de Competencia Perfecta, acá el alza en el precio no necesariamente conlleva una reducción en las ventas, por lo cual las empresas tienen cierto poder en la fijación de precios.

Existe una diferencia importante respecto a la definición de una estructura de Competencia Monopolística, correspondiente a las barreras de entrada y salida. Este tipo de estructura define mercados donde las barreras son nulas, pero en el caso particular donde la empresa se desarrolla estas son altas, debido a los requerimientos en tecnologías avanzadas para entrar y especialización de los activos fijos al tratar de salir.

- **Atractivo:** Industria muy atractiva, con productos totalmente diferenciados y altas barreras de entrada/salida. Este mercado se encuentra en expansión debido a la constante necesidad por variedades vegetales con mayor rendimiento para una población creciente, en espacios cultivables cada vez menores.

- **Oportunidades:** Muy grandes, diversificar productos ofrecidos para capturar un mayor porcentaje del mercado actual. Adicionalmente y debido a la importancia del poder de marca, son trascendentales la publicidad, el telemarketing, la esponsorización, las relaciones públicas y otras técnicas de marketing dirigidas a hacer ver al cliente el producto como algo diferente y necesario respecto al resto de las empresas.

- **Amenazas:** Muy bajas, desarrollo de nuevas tecnologías genéticas por parte de la competencia y aplicación de patentes de derechos intelectuales sobre marcadores moleculares relacionados a genes de importancia para clientes.

3.1.5 Conclusiones del Análisis Externo

- a) Se identificaron tres mercados en la Industria del Mejoramiento Genético Vegetal donde interactúan los sectores de Servicio de Estudios Genéticos/P&S Semillas (M1), P&S Semillas/Retail (M2) y Retail/Cliente Final (M3).
- b) Del análisis PEST se concluye que los factores de mercado y económicos son atractivos debido a la tendencia creciente de la industria, mientras que el factor gubernamental y social es neutro. Factores que son poco atractivos son el tecnológico (debido a las altas y constantes inversiones) y el social (debido a la opinión social sobre algunas herramientas biotecnológicas).
- c) Del análisis de las cinco Fuerzas de Porter se concluye que existen altas barreras para nuevos participantes, tanto para ingresar como para salir de la industria. Respecto a

los proveedores se concluye que tienen un bajo poder de negociación debido a que sus productos son indiferenciados y los ofertantes son múltiples. Igualmente el poder de negociación de los consumidores es bajo puesto la inelasticidad de mercado del servicio demandado. Respecto a sustitutos, estos son imperfectos debido a la heterogeneidad de los productos ofrecidos. Finalmente, la rivalidad entre compañías dependerá netamente de la fidelización de los clientes, el poder de marca y no necesariamente del precio.

- d) Tras analizar los poderes de mercado se determinó que la industria del Retail no es atractiva puesto el gran número de competidores ofreciendo los mismos productos. La industria de P&S Semilla es medianamente atractiva puesto la existencia de cierto grado de diferenciación de sus productos. Finalmente, la industria de los Servicios Genéticos enfrenta una estructura de mercado de Competencia Monopolística, es atractiva debido a las barreras de entrada/salida, presencia de productos heterogéneos y al constante crecimiento del mercado.

3.2 ANÁLISIS INTERNO

3.2.1 Análisis de la Cadena de Valor

Se construyó la Cadena de Valor de la firma, desagregando las actividades primarias y secundarias que van de proveedor a cliente, con el fin de exponer y estudiar las ventajas competitivas que derivan de ésta (**Figura 3.4**). Estas actividades están dirigidas al cumplimiento de **tres objetivos estratégicos** de la firma:

- a) **Alcanzar cultivos más eficientes, aumentando en un 20% su rendimiento.**

Que busca principalmente aumentar el rendimiento de las plantas sin la necesidad de consumir más agua, tierra o nutrientes. En el caso de maíz esto corresponde a plantas más altas (mayor biomasa), tanto como hojas con mazorcas más grandes y con más granos, lo cual se logra con una buena selección genética utilizando marcadores moleculares .

- b) **Asegurar resistencia a plagas, disminuyendo pérdidas en un 5%.**

Que persigue la meta de generar plantas que produzcan sus propios mecanismos de defensa contra diversas plagas que destruyen plantaciones causando grandes pérdidas. Las resistencias que se introducen en plantas pueden o no ser genes sacados de otra especie, y que luego se insertan en la planta para que ahora ésta gane esa característica. El genetista debe tener esto en consideración, en conjunto con la selección de plantas que rindan más, puesto que una planta pequeña con altas defensas naturales no termina generando ganancias efectivas.

- c) **Aumentar la diversidad genética del banco de polimorfismos en un 2%.**

Que busca estudiar nuevos polimorfismos en el ADN de maíz que estén relacionados con genes de interés para agricultores. Estos polimorfismos luego serán relacionados a marcadores moleculares para aumentar la base de datos de la empresa, y así permitir al cliente mayores opciones para el testeo de plantas.

CADENA DE VALOR DE LA FIRMA

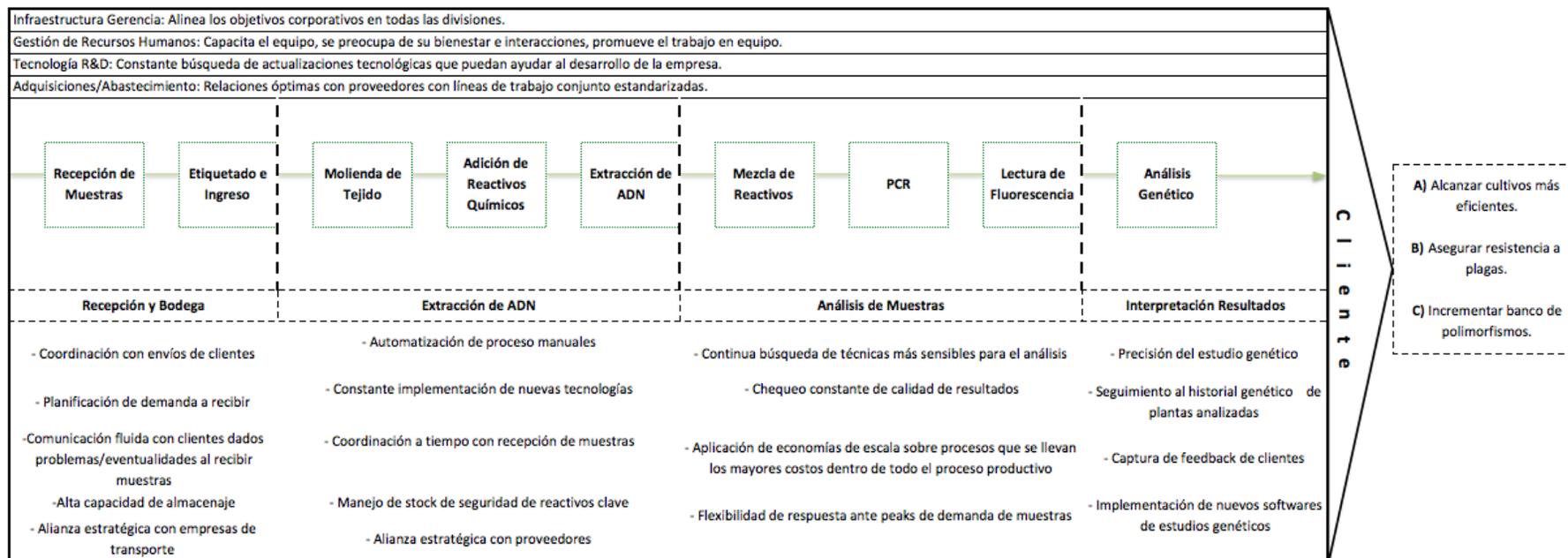


Figura 3.4 Cadena de valor de la firma.

Nota: Las actividades de la empresa apuntan hacia tres objetivos estratégicos, relacionados con la capacidad de proporcionar cultivos de mayor rendimiento, más resistentes a enfermedades y el aumento del banco de polimorfismos.

3.2.2 Actividades Primarias

A través del criterio **Make or Buy**, fueron identificadas cuatro Actividades primarias que soportan la Cadena de Valor, apuntando hacia el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la firma. Éstas están orientadas en generar el mayor valor posible, manejando los menores costos sin que se perjudique la calidad del producto. Estas corresponden a: **Recepción y Bodega, Extracción de ADN, Análisis de Muestras e Interpretación de Resultados.**

Se describen los procesos realizados por cada Actividad Primaria identificada:

Recepción y Bodega (Make): Recepción, etiquetado y almacenamiento de placas de muestras para ser analizadas. Coordinación con envíos de clientes y notificación de posibles problemas detectados al recibir muestras, como por ejemplo la llegada de más sobres (o menos) de lo programado por los clientes.

Adicionalmente, esta actividad está a cargo también del manejo de stock y distribución de insumos del laboratorio, lleva el control de inventarios, realiza pedidos y devoluciones de productos defectuosos.

Extracción de ADN (Make): Transformación de materia prima recibida (placas con semillas), en un producto analizable (placas con ADN puro).

Análisis de Muestras (Make): Pruebas de laboratorio basadas en reacciones químicas y físicas sobre muestras vegetales para la determinación de la carga genética que contienen las plantas analizadas.

Interpretación de Resultados (Make): Actividad orientada a la generación de datos cuantitativos, cualitativos y estadísticos para la producción de informes con el perfil genético completo de cada planta testeada.

3.2.3 Actividades de Apoyo

Las actividades de **apoyo o secundarias** corresponden a:

Infraestructura o Gerencia Administrativa (Buy): Apoyo y soporte a toda la cadena de valor en general, incluyendo a la administración general, finanzas, planeación, asuntos legales, contabilidad, etc.

Recursos Humanos (Buy): Búsqueda, contratación, entrenamiento y desarrollo de personal para la firma, en todas sus áreas.

Tecnología y R&D (Buy): Generación de conocimientos con la práctica (know how) en cada actividad primaria, búsqueda de nuevas tecnologías, desarrollo de investigación y estudio de mejoras al proceso.

Abastecimiento (Buy): Compra de insumos generales necesarios como material de oficina, equipos menores (computadores, impresoras), insumos de cocina, sanitarios, material de aseo, etc.

3.2.4 Análisis de Recursos, Capacidades y Competencias Centrales

Se definen los recursos, capacidades y capacidades centrales que tiene la firma, con las que ésta se desenvuelve en el mercado (Figura 3.5).

Recursos de la firma (azul).

- Laboratorio de análisis genéticos.
- Centro de estudios genéticos.
- Tecnología de ingeniería genética.
- Bodegas de almacenamiento.
- Estación experimental de pruebas.
- Base de datos para el desarrollo de nuevos marcadores moleculares.
- Base de datos de comportamiento de selecciones previas en el campo de clientes.
- Servicio post-venta.
- Equipo de marketing.

Capacidades de la firma (negro).

- Experiencia en ingeniería genética vegetal.
- Programas de ayuda integrada a clientes.
- Capacidad de venta.
- Continuo progreso en R&D.

Competencias Centrales de la firma (rojo).

- Banco de polimorfismos (marcadores moleculares).
- Experiencia en selección genética de plantas.

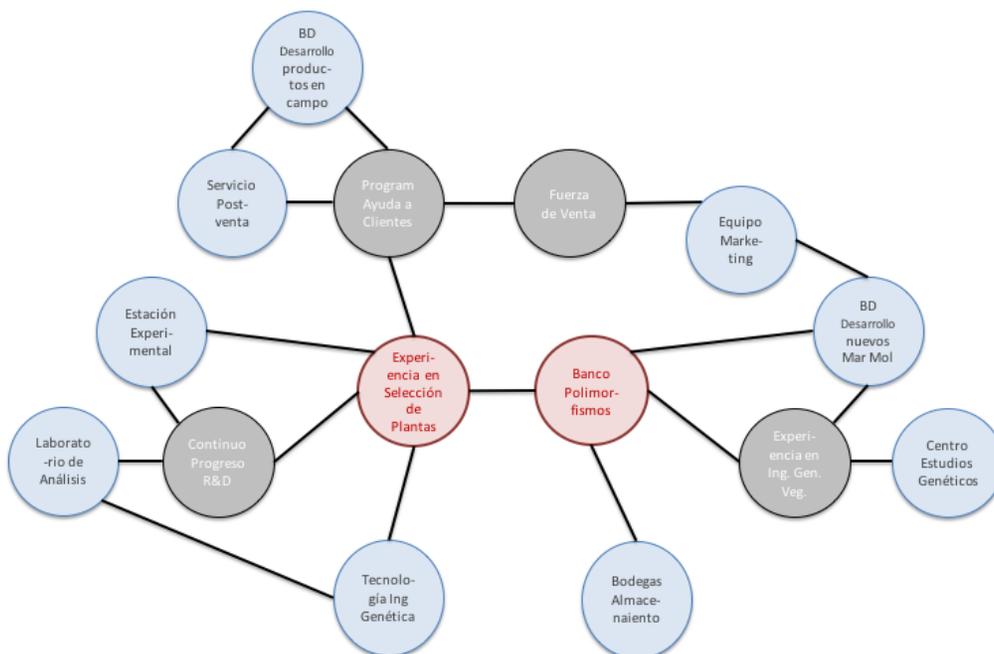


Figura 3.5 Mapa de análisis de Recursos, Capacidades y Competencias Centrales de la firma.

En la **Figura 3.5** se esquematiza las interacciones presentes entre los recursos y capacidades, que promueven el desarrollo de las competencias centrales de la firma.

Sobre los **Recursos**, la compañía cuenta con las instalaciones del laboratorio de análisis, provisto con múltiples robots y equipos especializados en procesos de biotecnología, junto con una vasta bodega para la recepción y almacenamiento de muestras e insumos.

Adicionalmente, se cuenta con el centro de estudios genéticos (en Arica), que se encarga de hacer las interrelaciones entre las plantas estudiadas para realizar una selección, al igual que una estación experimental, donde se desarrollan múltiples procesos piloto para nuevas tecnologías. Para soportar todos estos procesos se cuenta con una base de datos del comportamiento históricos de plantas seleccionadas en los campos de clientes específicos, y una base de datos acoplada a un software que permite el estudio y desarrollo de nuevos marcadores moleculares. Finalmente, dos recursos importantes son el equipo de post-venta orientado a las necesidades de clientes, y el equipo de marketing que está enfocado en potenciar la marca.

Sobre las **Capacidades**, el manejo de la base de datos de marcadores junto con el centro de estudios nutren la capacidad de ser expertos en el desarrollo de ingeniería genética vegetal, mientras que la estación experimental genera la capacidad de continuo progreso en R&D. La base de datos de comportamiento en campo de selecciones más el servicio de post-venta generan la capacidad de crear programas de ayuda integrada a clientes. Mientras que el marketing (que promueve nuevos marcadores moleculares desarrollados) apunta a potenciar la capacidad de venta de la firma.

Sobre las **Competencias Centrales**, los estudios experimentales y los programas de ayuda a clientes en campo han logrado generar la experiencia en selección de plantas, lo cual caracteriza a la firma. Igualmente, los continuos esfuerzos en investigación y el apoyo de las bases de datos han permitido tener un extenso banco de polimorfismos, que sirve para ofrecer a los clientes múltiples elecciones posibles para el testeo de presencia/ausencia de genes.

3.2.5 Análisis de Benchmarking

Se realizó una comparación de benchmarking entre las empresas Líder A, Líder B y la firma en la cual se desarrolla este estudio (**Tabla 3.1**). Entre los parámetros/atributos considerados se analizaron las siguientes: La calidad de las plantas finalmente seleccionadas y su rendimiento en campo, las innovaciones biotecnológicas aplicadas, la credibilidad del servicio, la facilidad de manejo de las plantas (esto hace referencia a qué tan difícil es lograr desarrollar en campo las plantas seleccionadas, respecto al uso de pesticidas, fertilizantes, agua, etc.), la respuesta post-venta de la empresa ante necesidades del cliente, la variedad en marcadores moleculares ofrecidos, los tiempos de entrega de resultados y por supuesto el reconocimiento de la marca. La ponderación va desde 1 a 10, siendo este último el índice de mayor reconocimiento para una empresa sobre ese factor.

Tabla 3.1 Factores estudiados en el análisis de benchmarking y su ponderación.

Atributos	Empresa		
	Líder A	Líder B	firma
Calidad de Plantas Seleccionadas	8	7	7
Rendimiento de Plantas Seleccionadas	8	6	6
Facilidad de Manejo de Plantas	7	8	6
Variedad de marcadores moleculares	10	7	6
Innovación en Técnicas Ofrecidas	10	8	4
Precio del Análisis	7	8	9
Tiempos de Entrega de Resultados	9	7	7
Preocupación por Necesidades de Clientes	6	7	7
Servicio Post Venta	7	8	8
Credibilidad del Producto/Servicio	9	7	7
Reconocimiento de la Marca	8	6	5
Promedio	8,09	7,18	6,55

Los resultados arrojados del estudio fueron esquematizados en un gráfico de red, para visualizar la condición actual de la firma en comparación a las compañías líderes (Figura 3.6).

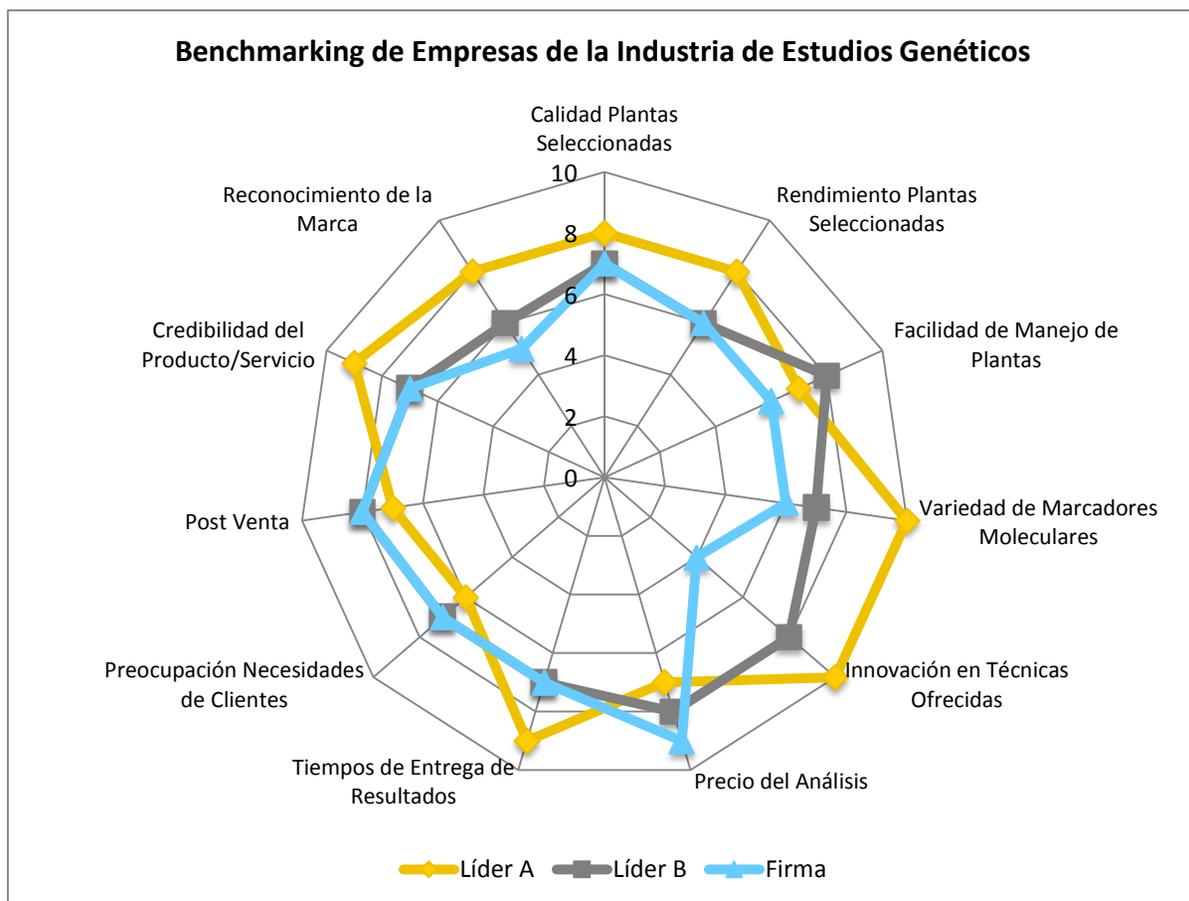


Figura 3.6 Resultados obtenidos del análisis de benchmarking.

Nota: Fue contrastada la firma versus las dos empresas líderes de mercado.

Respecto al análisis, la empresa **Líder A con F = 8,09**, se reconoce por su alta variedad de marcadores moleculares y la calidad de las plantas seleccionadas una vez que se siembran. Tienen un tiempo de entrega de resultados preciso y buscan mantenerse siempre innovando. Tanto los servicios como la marca en sí son creíbles desde el punto de vista de los consumidores y, por lo general en el retail, se observa que sus precios siempre suelen estar por sobre el de la empresas competidoras.

La empresa **Líder B con F = 7,18**, es más reciente que la anterior y maneja un banco de polimorfismos menor, por lo cual la variedad de estudios a realizar no es tan alta. Esta empresa destaca principalmente por su llegada al cliente, buenos servicios de post venta y preocupación por guiar a los usuarios para que obtengan el mayor potencial de las semillas vendidas, con lo cual facilitan el manejo de las plantas seleccionadas en el campo.

La **firma actual F = 6,55**, ofrece precios de mercados menores que el resto, con un banco de polimorfismos de un número cercano al de la empresa Líder B. A través del programa de ayuda a clientes ha logrado tener un reconocimiento considerable sobre la ayuda post venta ofrecida, pudiendo acá destacar por sobre las demás si se enfoca a esto. Si bien la calidad de las semillas es reconocida, es necesario que amplíe los servicios ofrecidos para capturar un mayor número de clientes. Además, de construir la marca por medio de técnicas de marketing.

Diagnóstico respecto al análisis de benchmarking.

Basándose en éste análisis, se obtuvieron las siguientes conclusiones respecto a las fortalezas y oportunidades de la firma de estudio:

Fortalezas de la firma respecto a la competencia:

- La firma es destaca a la par con la competencia en el servicio de post-venta y se le reconoce por su asistencia en campo a clientes. Esta práctica lleva a asegurar que las plantas que se seleccionaron sean tratadas de la forma adecuada (cantidad de agua, fertilizantes, pesticidas, etc.), para asegurar el máximo rendimiento de éstas. Esta práctica atrae nuevos clientes a través de las recomendaciones.
- La fidelización de clientes permite la renovación anual de los análisis actuales, además de la inclusión de nuevos proyectos al portafolio de la firma. Esta fortaleza asegura el porcentaje de participación en el mercado, permitiendo a la firma tener un posicionamiento consistente y estable en el tiempo.

Debilidades de la firma respecto a la competencia:

- Una de las debilidades de la firma es la falta de innovación en el área de R&D. De acá se desprende que ésta debiese invertir en la ampliación de la gama de servicios genéticos ofrecidos, a través del estudio de los productos de la competencia. Esto le permitirá capturar una mayor

porción de mercado y ponerse al día respecto a las tecnologías actualmente ofertados por empresas líderes.

- Adicionalmente, otra debilidad es la necesidad de la firma de crecer en marca, lo que podría realizar a través de estrategias de marketing, buscando nuevos mercados donde entrar, estudiando nuevos canales de venta, nuevos productos a ofertar y potenciando la personalización del servicio post-venta.

3.2.6 Conclusiones del Análisis Interno

- a) Se identificaron cinco actividades dentro de la cadena de valor, las cuales están enfocadas al cumplimiento de los tres objetivos estratégicos de la empresa: Mejorar el rendimiento de los productos ofrecidos, aumentar la resistencia a plagas e innovar para crecer en su banco de marcadores moleculares.
- b) Fueron identificados diez recursos principales que generan las capacidades de la empresa. Entre los recursos más importantes están las instalaciones con sus equipos, el centro de estudios genéticos y las bases de datos de la empresa.
Las capacidades identificadas fueron cinco, entre las cuales destacan su capacidad de venta, el programa de ayuda a clientes y su experticia en biotecnología.
Con la base de los recursos y capacidades se construyen dos competencias centrales fundamentales, que corresponden al banco de polimorfismos y la experiencia en selección de plantas.
- c) En el análisis de benchmarking quedaron definidas las diferencias principales percibidas por el cliente sobre la firma y las empresas líderes. La firma también tiene una buena llegada al cliente, cualidad que debe trabajar puesto tiene potencial para destacar en este atributo por sobre las otras empresas del mercado.
Si bien la firma ofrece servicios a un precio menor que las líderes, debe trabajar en investigación para el crecimiento de su banco de marcadores moleculares, puesto un precio menor no es suficiente en este mercado. Igualmente, la firma debiera crecer en cuanto a servicios ofrecidos, para capturar la demanda de clientes que ejecutan proyectos de mayor complejidad, que requieren múltiples tipos de test y tecnologías.

3.3 ESTRATEGIAS GENÉRICAS

3.3.1 Matriz FODA

Los factores internos y externos estudiados fueron considerados para desarrollar una matriz FODA (**Tabla 3.2**). Con esta herramienta se busca destacar los aspectos positivos que deben ser maximizados, al igual que los aspectos negativos que debiesen ser disminuidos o anulados.

Tabla 3.2 Matriz FODA.

Nota: Datos generados a partir de los análisis de factores internos y externos. En la tabla **superior** se alistan las características de estudio que luego son interrelacionadas en la tabla **inferior**.

	Factores Internos	Factores Externos
Aspectos Positivos (Max. - Aumentar)	<p><u>Fortalezas</u></p> <p>F1) Reconocimiento actual de la marca. F2) Buena llegada al cliente. F3) Experticia en selección de plantas comprobada en campo. F4) Precio de mercado competitivo.</p>	<p><u>Oportunidades</u></p> <p>O1) Mercado con múltiples biotecnologías en continuo descubrimiento. O2) Oportunidad de ser la empresa líder en desarrollo de programas de apoyo a clientes. O3) Constante necesidad de descubrimiento de nuevos marcadores moleculares.</p>
Aspectos Negativos (Disminuir - Anular)	<p><u>Debilidades</u></p> <p>D1) Poca innovación en servicios ofrecidos, falta de investigación de desarrollo. D2) Menor variedad de banco de marcadores moleculares que la competencia.</p>	<p><u>Amenazas</u></p> <p>A1) Patentes aplicadas por la competencia. A2) Regulaciones gubernamentales y cultura general sobre transgénicos. A3) Obsolescencia ante tecnologías ofertadas por la competencia.</p>

	Oportunidades	Amenazas
Fortalezas	<p>F1-O3) Invertir en R&D para mejorar la posición de la marca a través de la expansión del banco de marcadores moleculares. F2-O2) Tomar el liderazgo en servicio de post-venta y de programas de apoyo a clientes. F3-O1) Expansión de las tecnologías genéticas a otros servicios actualmente demandados.</p>	<p>A1-F3) Desarrollo de estudios de variantes polimórficas a marcadores moleculares ya patentados para prescindir de estos. A2-F1) Difundir información clara y precisa sobre alimentos transgénicos bajo el respaldo de estudios realizados por la marca.</p>
Debilidades	<p>O2-D1) Análisis de necesidades actuales de los clientes respecto a técnicas que apoyen con mayor rapidez y precisión sus proyectos. O3-D2) Desarrollo de programas de R&D para descubrimientos de nuevos marcadores moleculares, apoyo con instituciones o universidades dedicadas al estudio de maíz.</p>	<p>D1-A3) Desarrollo de proyectos que permitan diversificar servicios ofrecidos, entrando a mercados donde actualmente solo está la competencia. D2-A1) Desarrollo de nuevos marcadores moleculares clave para ser patentados y negociados con la competencia.</p>

En la **Tabla 3.2**, en la parte **superior** son descritos dos aspectos internos: Las fortalezas que tiene actualmente la firma al enfrentarse a otras compañías dentro de un mercado de competencia monopolística, y así mismo sus debilidades respecto al resto. Ambos aspectos remarcan las capacidades actuales de la empresa, al igual que su necesidad por avanzar más rápido tecnológicamente hablando.

También en esta tabla son descritos dos aspectos externos: Las oportunidades que ofrece hoy en día el mercado y las amenazas que ejercen otras competidoras sobre la firma. En general se observa un mercado con múltiples oportunidades debido a la velocidad con la que este cambia y se desarrolla tecnológicamente, y en conjunto la amenaza de obsolescencia que conlleva esto, además de la presión de leyes gubernamentales e imposición de patentes por la competencia.

En la parte **inferior**, son interrelacionados estos cuatro aspectos, de manera de canalizar las fortalezas y oportunidades para neutralizar las debilidades y amenazas de la firma. En general, el desarrollo de esta matriz apunta hacia la formación de proyectos que lleven a la empresa a incrementar los servicios ofrecidos, enfocándose en lo que el cliente necesita hoy.

3.3.2 Matriz Atractivo de la Industria/Fortalezas del Negocio

Tomando en cuenta los análisis anteriores, se determinó el posicionamiento de la empresa en una matriz de atractivo de la Industria versus la fortaleza del negocio (Matriz A/F).

Del **análisis externo** resultó ser que la industria es atractiva, con un valor PM = **3,96**. Mientras que del **análisis interno** se obtuvo una fortaleza del negocio de **F = 6,55**, por debajo de las dos empresas líderes actuales.

En la **Figura 3.7** se construyó la matriz correspondiente para estos valores.

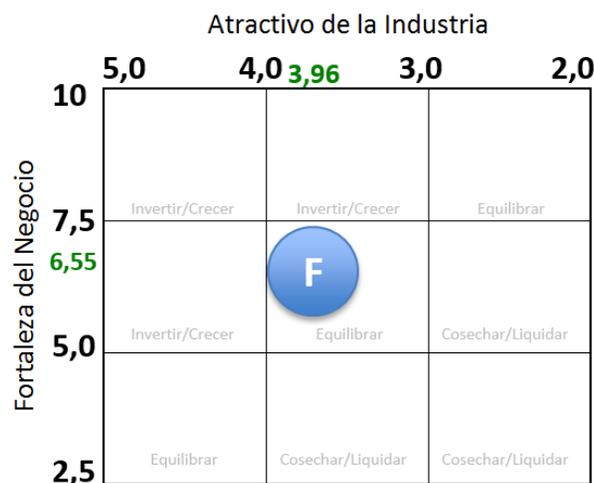


Figura 3.7 Posición de la firma (F) en la matriz de Atractivo/Fortaleza.

En una matriz de rango 2,0 – 5,0 para el atractivo de la industria (según se determinó en la sección 3.1.4) y rango 2,5 – 10,0 para la fortaleza del negocio, la firma se ubica hoy en día en el cuadrante central. Los cuadrantes superiores a la izquierda corresponden a empresas que están

en fases de inversión y crecimiento constantes, mientras que los cuadrantes centrales en diagonal corresponden a empresas en equilibrio que deben ser selectivas en sus inversiones. Finalmente, los cuadrantes inferiores a la derecha corresponden a empresas que deben liquidar las existencias y cosechar.

De este estudio se desprende que la firma se encuentra hoy en una fase de equilibrio, y tiene un alto potencial de crecimiento si se enfoca en invertir y crecer a través de estrategias de diversificación y reposicionamiento. Estas estrategias se describen en la sección **3.3.3** a continuación, donde se apunta a mejorar la posición de la firma respecto al atractivo y fortaleza del negocio.

3.3.3 Análisis Estratégico de Posicionamiento: Nueva Matriz A/F

Basado en la información determinada en el **Figura 3.7**, se analizaron posibles estrategias de reposicionamiento y diversificación.

Estrategia de Reposicionamiento.

Para el reposicionamiento en el eje de la fortaleza del negocio la firma debe tener mayor presencia en el mercado, junto con un mayor conocimiento de éste y de los clientes. Es necesario trabajar la marca por medio de estrategias comerciales, cuidando a la vez la calidad del producto ofrecido.

Para la construcción de la base de esta estrategia se consideraron los resultados arrojados por el análisis de benchmarking, donde se refleja la percepción actual de los clientes sobre la empresa y sus productos. Se consideraron cuatro atributos importantes: Innovación, rendimiento de plantas, banco de marcadores moleculares y marca. Para cada uno de éstos la estrategia debe ser apuntada de acuerdo a:

- **Innovación:** Estudiar las herramientas biotecnológicas actuales en el mercado y evaluar la incorporación de estas a la compañía, determinando el impacto que éstas tendrían en la participación de mercado de la firma.
- **Rendimiento:** Debido a que las plantas finalmente seleccionadas cuentan con la carga genética necesaria para desarrollar un buen rendimiento, es necesario que en campo se den las condiciones propicias para desarrollar su máximo potencial. Para que el rendimiento de las selecciones sea mejor evaluado por los clientes es necesario que estos mismos provean de los fertilizantes, agua, pesticidas y plaguicidas en su medida precisa. Para esto es necesario desarrollar un mejor plan de trabajo para el programa actual de ayuda a clientes, donde se les entregue la información correcta y se haga el seguimiento necesario.
- **Banco de Marcadores:** Es necesario tener un banco de polimorfismos suficiente para poder analizar cada uno de los genes de interés que los clientes necesiten. Para esto se debe desarrollar un plan de trabajo enfocado en estar al día

constantemente con las últimas publicaciones científicas sobre la interrelación entre genes y su efecto en cualidades de vegetales, para luego proceder a desarrollar nuevos marcadores moleculares y ofertarlos.

- **Marca:** Deben aplicarse estrategias comerciales que incrementen el reconocimiento de la marca. Las nuevas características descritas arriba deben ser informadas y promocionadas de manera adecuada, con la finalidad de dar a conocer al cliente los beneficios mejorados a los cuales pueden optar al decidir realizar sus proyectos con la firma.

Estas estrategias apuntan al desplazamiento de la firma de su estado actual en F, hacia F' (**Figura 3.8**).

Estrategia de Diversificación.

Para la diversificación de la firma en el eje del atractivo de la industria es necesario que ésta se amplíe dentro del mercado donde actualmente interactúa. El mercado de los estudios genéticos se encuentra en constante crecimiento y da cabida a múltiples biotecnologías que son utilizadas para el mejoramiento genético vegetal. Siendo las alternativas tan diversas, la firma debiese expandir sus capacidades si detecta que en éste hay potencial para mejorar su participación y poder de mercado.

Entre estas opciones presentes hoy en el mercado, los tratamientos en plantas de doble haploidía han cobrado vigor en los últimos años, debido a su capacidad de obtención de resultados en cortos periodos de tiempo, lo cual se traduce en un significativo ahorro de capital para empresas dedicadas a la agricultura. Este tipo de tecnologías son una buena opción de diversificación para la firma, puesto cuenta con el conocimiento genético y la experticia necesaria, por lo cual la posibilidad de su implementación debiese ser estudiada con detalle.

A través de la diversificación se busca mejorar la posición de la firma en el eje del atractivo de la industria, desplazando su posición desde los cuadrantes centrales hacia la izquierda, a una posición F'' (**Figura 3.8**). Este tipo de estrategia abre paso a nuevos servicios que ofrecer y desafíos para la firma, la cual debe basarse en sus capacidades y competencias centrales para lograr destacar y diferenciarse del resto.

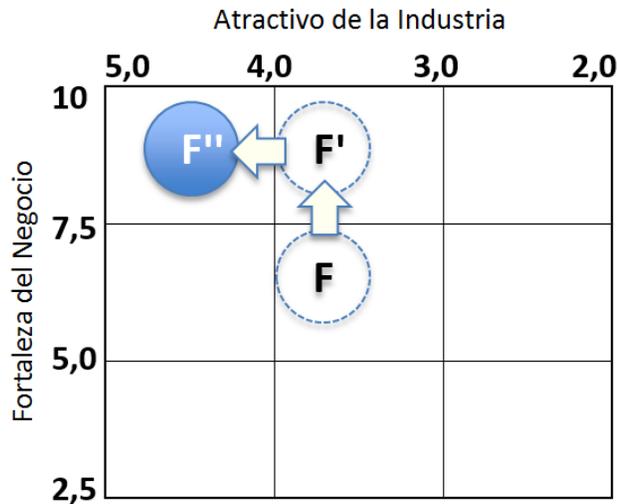


Figura 3.8 Reposicionamiento de la Firma con proyecto de tratamientos DH.

3.3.4 Conclusiones del Análisis de Estrategias Genéricas y Posicionamiento

- a) Del análisis realizado en la matriz FODA se desprende que la firma debiese invertir en R&D para expandir, tanto los servicios ofrecidos como su banco de marcadores moleculares. La firma debiese explotar el potencial actual de apoyo en campo de clientes para llegar a ser la líder en el mercado en cuanto a programas de asistencia post-venta.
- b) Actualmente la firma se encuentra en una posición de equilibrio respecto a la competencia, el cual se mantiene realizando solo las inversiones necesarias con un crecimiento relativamente nulo. Para alcanzar el siguiente nivel de posicionamiento la firma debe enfocar su estrategia en invertir para crecer.
- c) Se determinaron estrategias a seguir para el reposicionamiento y diversificación de la firma. En ambos sentidos, la posición actual de la empresa le otorga el potencial suficiente como para crecer y obtener mayores participaciones de mercado.

3.4 CONCLUSIONES SOBRE EL PROYECTO DE TESIS

Dado los análisis de mercado realizados, el estudio de proyección de la demanda, los análisis internos/externos y la revisión de los objetivos estratégicos de la firma, se concluye que ésta se encuentra en una etapa de madurez, y que para expandir sus capacidades y participación en el mercado será necesario que diversifique sus servicios, lo que se busca lograr con la implementación del proyecto en estudio, donde se desarrollaría una estación experimental para ofrecer tratamientos de doble haploidía en vegetales.

Dentro de la sección **2.1** se determinó un crecimiento lineal de la demanda de un 3,74% anual, con una participación de mercado del 14%. Esta estabilidad mantiene a la firma en una situación de equilibrio como se observó en la matriz A/F de la sección **3.3**, donde la empresa actualmente se encuentra en un estado estacionario realizando pocas inversiones y específicamente seleccionadas.

Actualmente la firma tiene el potencial para mejorar esta postura de equilibrio y escalar a un nuevo nivel. Como se vio en la sección **3.1**, los factores externos a la empresa son favorables y la industria en la que se desarrolla es atractiva puesto impone barreras de entrada y salida a nuevos competidores, no existen sustitutos perfectos para lo ofertado, y se ejerce poder de mercado considerable sobre proveedores y clientes.

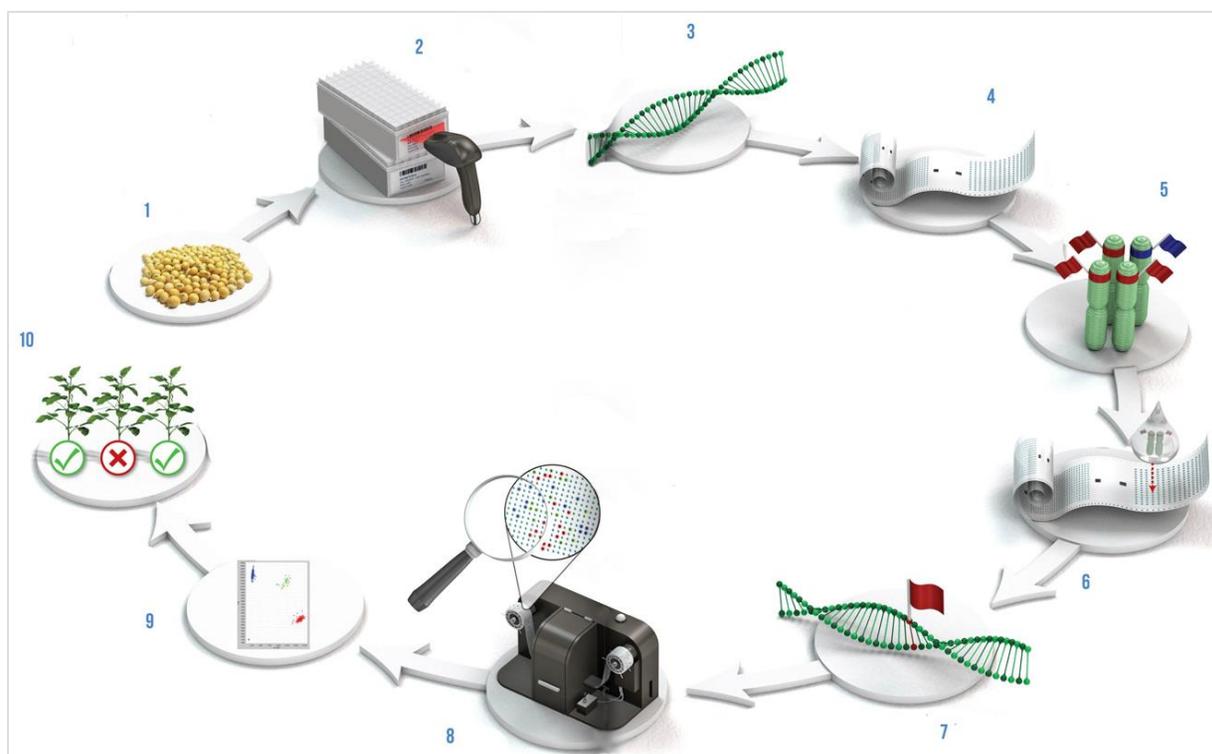
Este potencial nombrado tiene base en las capacidades y competencias centrales que posee la empresa hoy (sección **3.2**), que la diferencian del resto y le dan las herramientas para crecer en otro tipo de estudios científicos. Estas capacidades deben ser dirigidas para el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la cadena de valor de la firma, y para mejorar la fortaleza del negocio al trabajar aptitudes como las descubiertas en el análisis de benchmarking, donde la innovación es uno de las principales necesidades por mejorar para la firma hoy.

CAPÍTULO 4 ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO SIN/CON PROYECTO

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO ACTUAL SG1

En el proceso productivo actual se analizan genéticamente muestras de maíz enviadas por los clientes. Estas muestras corresponden a semillas (granos de maíz) que son procesadas para extraer su ADN, para luego ser testeado con reactivos químicos fluorescentes que permiten determinar la presencia o ausencia de genes de interés.

Este proceso se explica de manera gráfica en la **Figura 4.1**, donde se diagraman las principales actividades llevadas a cabo una vez que llegan las semillas, se extrae su ADN, se determina su carga genética y se realiza la selección de plantas.



1	El cliente envía muestras de maíz para su análisis.
2	Las muestras son pasadas a placas, se les adiciona una etiqueta y son escaneadas.
3	Se extrae el ADN de cada semilla.
4	Se pasa el ADN de las placas a una cinta.
5	Se seleccionan los marcadores moleculares.
6	Se adicionan los marcadores moleculares a la cinta que ya tenía el ADN.
7	Los marcadores reaccionan con el ADN y dejan una marca fluorescente.
8	Las marcas son leídas por un equipo especializado.
9	Los resultados de lectura son transformados a gráficos de dispersión.
10	Según el resultado, un analista decide qué plantas seleccionar y cuáles descartar.

Figura 4.1 Diagrama general del proceso de selección genética.

Nota: Las semillas de maíz llegan al laboratorio para ser analizadas y determinar cuál de ellas corresponde a plantas con el mejor perfil genético.

Entre los distintos pasos realizados existen, tanto procesos manuales como automatizados. Para el primer caso, se contrata a personal técnico al cual se capacita sobre la teoría básica del proceso a realizar, y luego sobre la forma de operar, formas óptimas de trabajo, formas de realizar la tarea con mayor rapidez y cómo combinarla con otras tareas, y el procedimiento a seguir en caso de posibles errores durante el proceso. En los pasos manuales es muy importante que los errores queden registrados de forma inmediata, además de descritos con claridad y precisión. Entre los errores más comunes (y los más delicados para el proceso) están:

- Error en el muestreo de semillas: Todo tipo de acción que lleve a confundir la identidad de las semillas. Bajo esta situación se debe comenzar el proceso desde cero, descartando las placas actuales y muestreando semillas en placas nuevas.
- Tiempos de proceso inadecuados: No respetar los tiempos de procesos químicos según los protocolos de extracción de ADN suele llevar a obtenciones de muestras impuras, lo cual interviene en las reacciones de fluorescencia al final del proceso, impidiendo que se generen datos interpretables y de calidad. Todo error respecto a lo indicado en los protocolos debe ser remediado procesando por segunda vez las muestras por la facility donde estuvieron un tiempo incorrecto.
- Concentración de reactivos químicos inadecuada: Algunos de los reactivos químicos utilizados deben adquirirse en estado sólido para luego preparar soluciones. Una solución preparada en la molaridad o pH incorrectos suelen llevar a problemas en el proceso de extracción de ADN, que generarán datos no interpretables. Todo error respecto a lo indicado en los protocolos debe ser remediado botando las soluciones y preparándolas nuevamente.

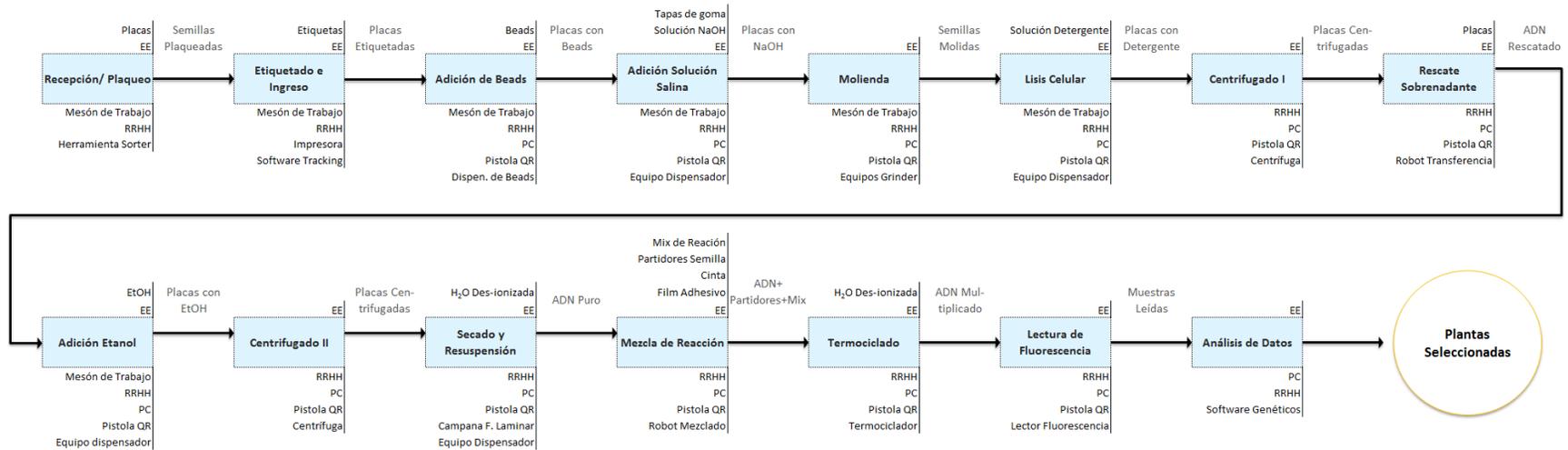
Respecto a las etapas del proceso que son automatizadas, se contrata a personal con conocimientos básicos en biotecnología y se capacita profundamente sobre el uso de las máquinas, reconocimiento de errores, mantenciones básicas y manejo de cola para optimizar al máximo el uso de los equipos. Al igual que en procesos manuales, es muy importante que los errores se registren de forma inmediata y precisa. El proceso debe comenzar desde cero en el caso de errores. En el caso de ser una falla de equipo, se debe alertar inmediatamente al encargado de robótica. Debido a que el proceso es lineal, siempre existe la probabilidad de llegar a una detención de planta si una falla en un equipo no es revertida inmediatamente.

4.2 FLOWSHEET OPERACIONAL SIN PROYECTO

Con la **Figura 4.1** se obtuvo una vista general del proceso que se lleva a cabo diariamente en el laboratorio. Al profundizar en éste, se observa que son 15 las facilities que desarrollan las tareas de recepción, extracción de ADN y análisis de datos (**Figura 4.2**).

El procedimiento es lineal y se lleva a cabo por 15 operarios de planta, en jornadas laborales de ocho horas, cinco días a la semana.

Flowsheet Operacional sin Proyecto



1M	Recepción / Plaqueo	Manual. Las muestras son recibidas y transferidas a placas.
2M	Etiquetado / Ingreso	Manual. Las placas son etiquetadas con un código identificador y son ingresadas por primera vez al sistema de tracking.
3M	Adición de Beads	Manual. Se agregan beads a cada pocillo de las placas.
4A	Adición de Solución Salina	Automatizada. Se agrega una solución salina a las muestras.
5A	Molienda de Muestras	Automatizada. El tejido es molido hasta polvo fino.
6A	Lisis Celular	Automatizada. Se rompe la pared celular de las células del tejido molido.
7A	Centrifugado I	Automatizada. Se centrifuga las muestras para hacer precipitar los restos de membranas y componentes celulares de mayor peso.
8A	Rescate de Sobrenadante	Automatizada. Se rescata la suspensión líquida del centrifugado.
9A	Adición de EtOH	Automatizada. Se agrega etanol a las muestras para que precipite el ADN.
10A	Centrifugado II	Automatizada. Se centrifugan las muestras para ayudar a que precipite el ADN con etanol.
11A	Secado del ADN	Automatizada. Se deja evaporar el etanol y el ADN se re-suspende en agua con calidad de biología molecular.
12A	Mezcla de Reacción	Automatizada. El ADN se traspa de placas a cintas y se agregan marcadores moleculares.
13A	Termociclado de Muestras	Automatizada. Se realiza la reacción de PCR.
14A	Lectura de Fluorescencia	Automatizada. Se lee la fluorescencia de las muestras.
15M	Análisis Genético	Manual. Se determina la carga genética de cada una de las plantas analizadas para luego realizar una selección.

Figura 4.2 Flowsheet operacional *sin* proyecto.

Nota: En el diagrama se esquematizan las quince facilities que componen el proceso de extracción de ADN de semillas de maíz y análisis genético. En la tabla adjunta se describen de forma general los procesos.

4.2.1 Descripción de Facilities de Flowsheet *sin Proyecto*

El proceso contiene facilities operadas de forma totalmente manual y facilities automatizadas, donde la interacción de operarios es solamente cargar las máquinas con las placas de muestras para procesar. A continuación son descritas las facilities según son operadas en el orden cronológico de la producción, destacando si corresponden a procesos manuales (**M**) o automatizados (**A**).

1M) Recepción/Plaqueo de muestras: La primera facility consiste en un mesón donde se lleva a cabo la recepción de semillas que el cliente envía dentro de sobres. El término plaqueo consiste en la acción de traspasar las semillas una a una dentro de placas de plástico de 96 pocillos (**Figura 4.3**), por lo tanto cada placa contiene 96 semillas distintas a testear. Debido a que todas las semillas son de diferentes calibres, se pudiese dar un sesgo al momento en que el operario separa las semillas que va a plaquear de las que dejará como respaldo. Para evitar este sesgo, previamente las semillas son pasadas 10 veces por una herramienta llamada *Sorter*, que consiste en un tipo de embudo que recibe las semillas por un extremo y las divide aleatoriamente en dos grandes grupos (las para testear y las de respaldo).



Figura 4.3 Placa de plástico de 96 pocillos.

Nota: En cada pocillo va una única semilla, la cual será procesada para extraer su ADN y luego realizar análisis genéticos.

2M) Etiquetado/Ingreso: Una vez plaqueadas las muestras, se utiliza un software para asignar un **código de experimento** a las semillas enviadas por el cliente, y de esta forma poder ir haciendo el seguimiento durante todo el proceso. Se imprimen las etiquetas con el código del experimento y éstas son adosadas a un costado de las placas. Las etiquetas contienen además un código de barras relacionado a la información de procedencia de las muestras, y un número que indica el orden con el cual las placas serán procesadas. En cada una de las siguientes facilities existe un computador con su respectivo lector de código de barras para comenzar el proceso registrando la llegada de las placas. Además, se imprime una copia de las etiquetas para su uso más adelante cuando haya que cambiar a placas nuevas.

3M) Adición de Beads: Las beads son pequeñas esferas de acero inoxidable que son agregadas de a cuatro unidades por cada pocillo en una placa, cuya función es moler el tejido. Para esto un operario utiliza un dispensador de beads, que consiste en una herramienta con forma de caja de acrílico que se carga con beads por un lado, mientras que por el otro encaja perfectamente sobre las placas. Una vez encajado se acciona un botón que liberará cuatro unidades por cada uno de los 96 pocillos de la placa, quedando las semillas junto a los beads.

4A) Adición de Solución Salina: Las placas son pasadas por un equipo dispensador que adiciona un volumen de una solución salina (NaOH) en cada uno de los pocillos. De esta forma cada pocillo en la placa queda con una semilla, cuatro beads y solución salina, que se dejarán reposar durante un mínimo de 12 horas para ablandar el tejido a moler. Las placas son selladas con tapas de goma para evitar pérdidas de su contenido.

5A) Molienda de semillas: Se retiran las tapas de goma y se reemplazan por una grilla que se encaja en la parte superior de las placas. Con esta grilla es posible volcar la solución salina y quedarse con los beads y semillas (ahora ablandadas). Se vuelve a colocar la tapa de goma sobre las placas y se llevan a mezcladores de pintura industrial adaptados (llamados equipos *Grinder*), para sacudir las muestras junto a las esferas hasta que las semillas queden como polvo fino.

6A) Lisis Celular: Se utiliza un equipo dispensador para agregar volúmenes de una solución detergente, responsable de des-estabilizar y romper las paredes y membranas celulares de las muestras que llegan como polvo fino desde facility anterior.

7A) Centrifugado I: Las placas son ingresadas a centrifugas para precipitar los componentes celulares y restos de membrana restantes de la lisis celular. Estos elementos se van al fondo de cada pocillo y queda en suspensión el ADN más otras moléculas pequeñas.

8A) Rescate de Sobrenadante: Las placas se llevan a un robot que utiliza agujas (canales) para absorber la fase sobrenadante de cada pocillo (sin tocar el precipitado con las membranas), para así rescatar el ADN y llevarlo a una nueva placa limpia. Al final del proceso se termina con una nueva placa de 96 donde en cada pocillo se encuentra en suspensión ADN más otras moléculas menores. A las nuevas placas se les adosa las etiquetas extra generadas al comienzo en la etapa de Etiquetado e Ingreso, para la continuidad del seguimiento.

9A) Adición de Etanol: Se utiliza un equipo dispensador para adicionar un volumen de EtOH frío en cada uno de los pocillos de la placa. En presencia de EtOH frío el ADN precipita al fondo del pocillo (similar a como precipita el azúcar en agua fría), con lo cual es finalmente separado de las otras moléculas menores que podrían eventualmente intervenir en el estudio.

10A) Centrifugado II: Se realiza un segundo centrifugado, esta vez a las nuevas placas de ADN + EtOH frío, para asegurar que el ADN quede adherido en la base de cada pocillo.

11A) Secado y Resuspensión: Una vez adherido el ADN al fondo de los pocillos, se descarta el sobrenadante y se dejan las placas en una campana de flujo laminar, para que se termine de evaporar el EtOH. Posteriormente, con un equipo dispensador se agrega un volumen de agua desionizada para finalizar el proceso de extracción y quedarse con el ADN puro en suspensión acuosa.

12A) Mezcla de reacción: Primero recordemos que para la fase siguiente (reacción de Termociclado) se requerirán tres componentes que en esta etapa deben ser mezclados:

ADN + Partidores + Mix de Reacción

Por lo tanto, en esta facility existe un robot que utiliza agujas para tomar volúmenes de la placa de ADN y los transporta a una cinta donde serán mezclados con el Mix de Reacción química más los marcadores moleculares. Una cinta es una lámina plástica delgada y flexible que contiene grupos de a 96 pocillos dispuestos en línea a lo largo de esta.

Inicialmente, las agujas toman un volumen de los 8 primeros pocillos de la placa con ADN y los lleva a los 8 primeros pocillos de la cinta, luego las agujas se sumergen en agua para lavarse y proceden con las siguientes 8 muestras de ADN (la placa de ADN contiene 12 corridas de 8 pocillos). Una vez que se cargó en la cinta las 96 muestras de ADN, una de las agujas del brazo tomará un volumen del primer marcador molecular (que viene diluido en el Mix de Reacción) y lo disparará en los 96 pocillos de la cinta para luego sellar el grupo con un film (**Figura 4.4**).

En el segundo paso, este procedimiento se repite depositando el ADN en el siguiente grupo de 96 pocillos en la cinta, al cual se le agregará el segundo marcador molecular, y así hasta completar el proceso de 12 marcadores moleculares en total.

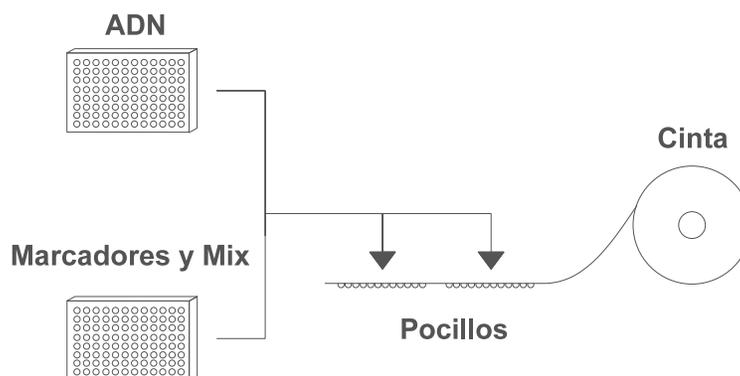


Figura 4.4 Proceso de transferencia de reactivos.

Nota: El ADN, los marcadores moleculares y el Mix de reacción son transferidos hacia una cinta flexible.

13A) Termociclado: Las cintas cargadas son enrolladas para luego ser sumergidas en termocicladores. Un termociclador es un tambor lleno de agua, capaz de hacer fluctuar la temperatura del medio desde los 60 °C a los 95 °C en cortos periodos de tiempo:

- **Fase I (95 °C):** Esta temperatura permite que el material genético se abra (recordemos que el ADN es una doble hebra formada por nucleótidos complementarios unidos por puentes de hidrógeno que se rompen al calor).
- **Fase II (60 °C):** A esta temperatura las hebras de ADN comienzan a acercarse para volver a unirse, pero antes de que esto suceda se unen los marcadores moleculares. Esta unión sólo se dará si existe en el ADN testeado la variante del gen que se busca con el marcador molecular. La unión del marcador conlleva una emisión de fluorescencia que se interpreta como una reacción positiva. Si la variante del gen buscado no está presente en el ADN de la planta, el marcador no se unirá y no habrá fluorescencia.
- **Fase III (72 °C):** A esta temperatura una enzima llamada ADN Polimerasa (que está presente en el Mix de Reacción), reconoce la unión ADN-marcador y se ancla a ellos. Una enzima es una macromolécula capaz de realizar reacciones químicas. En el caso de la ADN Polimerasa, ésta multiplica en miles de fragmentos de ADN la zona donde se unió el marcador, con lo cual se amplifica la señal de fluorescencia para que pueda ser captada en la siguiente etapa del proceso.

El ciclo de las fases I, II y III se repite 40 veces, con lo cual al final de esta etapa se termina con miles de millones de copias de ADN + marcador molecular fluoresciendo.

14A) Lectura de Fluorescencia: Una vez que la cinta termina el proceso de Termociclado, ésta se seca y se pasa por un equipo que leerá las señales de fluorescencia. Este equipo contiene una fuente de luz que emite en una longitud de onda entre los 400 nm y 500 nm, la cual es capaz de excitar los fluoróforos en las muestras y así recibir una señal de vuelta. Esta señal es la que finalmente será traducida como análisis positivo o negativo para el estudio de la presencia de la variante del gen. Una vez que este equipo termina la lectura genera gráficos de dispersión que serán interpretados por especialistas.

15M) Análisis Genético: Consiste en la última facility, donde serán interpretados los datos arrojados en la etapa anterior. Acá un especialista analiza los gráficos de dispersión (**Figura 4.5**) arrojados por el laboratorio, con la finalidad confirmar la calidad de los resultados y traspasarlos a reportes que se entregarán al cliente informando con detalle las variantes genéticas presentes en cada una de sus semillas. En un gráfico de dispersión, cada punto corresponde a una semilla y cada color representa una variante distinta del gen de estudio, con lo cual se determina las cualidades genéticas que llevan a seleccionar las mejores plantas.

Adicionalmente, en esta estación es donde se determinará si es necesario repetir el experimento según sea la calidad de los resultados. Si el genetista ve gráficos con segregaciones poco claras decidirá solicitar al laboratorio que realice una repetición. Por lo general, esto es requerido para el 10% de las placas analizadas en un día.

En el gráfico ejemplo se ve un conglomerado de muestras de color negro (plantas con la variante A del gen), uno verde (plantas con la variante A tanto como la B) y uno rojo (variante B).

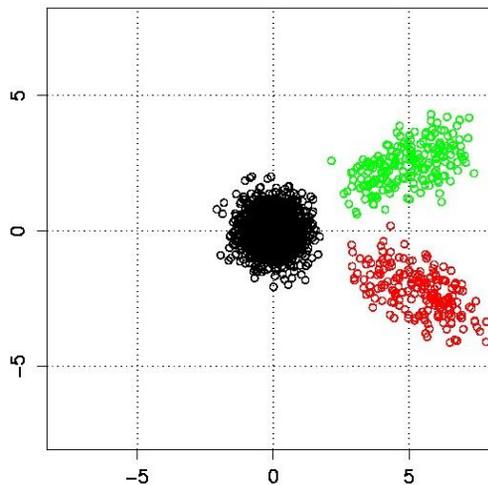


Figura 4.5 Ejemplo demostrativo de gráficos de dispersión.

Nota: Los gráficos son obtenidos por medio de la lectura de fluorescencia de las muestras tratadas. En un gráfico, las variantes del gen irán asociadas a un color de fluorescencia que es reconocido en la facility Lectura de Fluorescencia.

4.3 CAPACIDADES Y TIEMPOS DE PROCESO POR FACILITIES DEL SIN PROYECTO

Se realizó un estudio de capacidad determinística y estocástica para las 15 facilities descritas, en términos de las placas/hora producidas como unidad equivalente de trabajo. Esto se llevó a cabo utilizando funciones de distribución determinadas según si las estaciones son de operación manual o automatizada.

Para las facilities manuales, en general las placas/hora procesadas tienden a tener un mínimo, un máximo y una moda, lo cual se puede simular a través de una **función de distribución Gamma**, donde en este caso existiría un valor recurrente (moda) que estaría cargado hacia uno de los dos extremos de la curva descrita por la distribución.

Respecto a las facilities automatizadas, la capacidad por hora de los equipos tiende a ser un valor único, con oscilaciones ocasionales en torno a este número. Para la descripción estadística de este proceso se utilizará una **función de distribución Normal**, donde se tiene un solo valor como el más probable junto a una desviación estándar asociada.

De esta forma serán estudiadas a continuación las capacidades tanto determinísticas como estocásticas del proceso para ambos tipos de facilities.

4.3.1 Capacidades y Tiempos Determinísticos/Estocásticos de las Facilities Manuales

Los tiempos de proceso fueron tomados de las cuatro facilities manuales de la línea de producción SG1 (Tabla 4.1). Para esto se registró la cantidad de placas que un operario puede trabajar por hora, realizando la medición en distintas ocasiones y con diferentes operarios, para luego determinar un mínimo, una moda, un máximo y la correspondiente desviación estándar.

Con el promedio de la capacidad y la desviación estándar se determinaron los factores alfa y beta, requeridos para calcular la función de distribución gamma asociada al proceso:

$$\text{Valor Alfa} = \frac{(\text{Promedio de la Capacidad})^2}{\text{Desviación Estándar}}$$

$$\text{Valor Beta} = \frac{\text{Desviación Estándar}}{\text{Promedio de la Capacidad}}$$

Una vez reunida toda esta información, se construyó en Excel una fórmula tal que retornase valores aleatorios, cuya curva de probabilidad respondiese a la de una distribución gamma. La ecuación:

$$=\text{MIN}(\text{DISTR.GAMMA.INV}(\text{ALEATORIO}()); \text{Alfa}; \text{Beta}); \text{Max}$$

Siendo los valores alfa y beta los obtenidos para cada facility, y el valor Max la capacidad máxima posible de cada estación. Con esta ecuación se determinó el ítem **Capacidad Estocástica** presente en la **Tabla 4.1**. Adicionalmente, se llevaron estos valores a la unidad minutos/placa, para tener noción de cuántos minutos estaría tomando a un placa pasar por cada estación.

Tabla 4.1 Capacidad de facilities manuales en placas/hora y tiempos de proceso en minutos/placa.

	Recepción y Plaqueo	Etiquetado e Ingreso	Adición de Beads	Análisis Genéticos
	1M	2M	3M	15M
	Placas/Hora	Placas/Hora	Placas/Hora	Placas/Hora
Mínimo	7	54	112	6
Media	10	58	116	9
Máximo	13	62	120	12
Desviación Estándar	3	4	4	3
Alfa	33,33	841,00	3364,00	27,00
Beta	0,30	0,07	0,03	0,33
Capacidad Estocástica	8	59	116	7
Minutos/Placa Determinístico	4,62	0,97	0,50	5,00
Minutos/Placa Estocástico	7,50	1,02	0,52	8,57

Nota: Ambos valores fueron calculados determinística y estocásticamente.

Debido a que el valor arrojado en el ítem **Capacidad Estocástica** cambia aleatoriamente según los parámetros de la función de distribución gamma (o sea que varía constantemente de manera activa), el número mostrado en este documento es sólo uno de sus posibles valores. Igualmente sucede para el ítem **Minutos/Placa Estocástico**, que depende de éste anterior.

Del estudio se desprende que las facilities manuales con menor capacidad de proceso de placas/hora son las de Análisis Genéticos y la de Recepción/Plaqueo de muestras. La primera, con capacidad máxima para 12 unidades por hora, es un proceso donde el analista debe interpretar los datos que salen del laboratorio y además hacer estudios de relaciones genéticas en mapas de pedigrí, lo cual consume un tiempo importante y debe ser realizado con cuidado y precisión. La segunda, con capacidad máxima para 13 unidades por hora, corresponde al proceso de traspasar las semillas desde sobres a platos, lo que a pesar de ser un proceso mecánico consume tiempo debido a la dificultad de ordenar las muestras de la forma correcta dentro de las placas.

La facility con mayor capacidad corresponde a la de Adición de Beads. Esto puesto es un proceso donde se requiere utilizar una herramienta que es operada con gran rapidez y facilidad.

4.3.2 Capacidades y Tiempos Determinísticos/Estocásticos de las Facilities Automatizadas

Fueron tomados los tiempos de proceso de las once facilities automatizadas de la línea de producción SG1 (**Tabla 4.2**). Para esto fue registrada la cantidad de placas que los equipos pueden trabajar por hora, realizando la medición en distintas ocasiones, para luego determinar un valor medio con su respectiva desviación estándar. En esta medición fueron considerados también los tiempos de carga de equipos, donde los operarios tienen que preparar las placas y el programa de los equipos previo al comienzo del proceso. La ecuación:

$$=MIN (MAX (ENTERO (DISTR.NORM.INV (ALEATORIO ()); Media; Desviación Estándar));0); Max)$$

Siendo los valores Media y Desviación Estándar los obtenidos para cada facility automatizada, y Max el valor máximo posible de proceso de placas por hora. Con esta ecuación se determinó el ítem **Capacidad Estocástica**. Igualmente en esta oportunidad, este ítem cambia aleatoriamente (ahora según los parámetros de la función de distribución normal), motivo por el cual el número mostrado en este documento es también sólo uno de sus posibles valores. Igualmente sucede para el ítem **Minutos/Placa Estocástico**, que depende de éste anterior.

En este caso es importante tener en consideración que las capacidades de proceso de las tres estaciones que tienen más de un equipo: Molienda, Centrifugado I y Centrifugado II están calculadas considerando todos los equipos presentes en la facility (por lo tanto el valor de capacidad acá no es unitario por equipo, sino de la estación como un todo).

Adicionalmente y al igual que en el caso anterior, en la **Tabla 4.2** se observan también los valores llevados a la unidad minutos/placa, para tener noción de cuántos minutos estaría tomando a una placa pasar por cada estación.

Tabla 4.2 Capacidad de facilities automatizadas en placas/hora y tiempos de proceso en minutos/placa.

	Adición de Solución Salina	Molienda (2 Equipos)	Lisis Celular	Centrifugado I (2 Equipos)
	4A	5A	6A	7A
	Placas/Hora	Placas/Hora	Placas/Hora	Placas/Hora
Mínimo	26	20	26	12
Media	28	22	28	14
Máximo	30	24	30	16
Desviación Estándar	2	2	2	2
Capacidad Estocástica	29	20	30	16
Minutos/Placa Determinístico	2,00	2,50	2,00	3,75
Minutos/Placa Estocástico	2,07	3,00	2,00	3,75

	Rescate de Sobrenadante	Adición de Etanol	Centrifugado II (2 Equipos)	Secado y Resuspensión
	8A	9A	10A	11A
	Placas/Hora	Placas/Hora	Placas/Hora	Placas/Hora
Mínimo	24	26	28	26
Media	26	28	30	28
Máximo	28	30	32	30
Desviación Estándar	2	2	2	2
Capacidad Estocástica	24	29	29	27
Minutos/Placa Determinístico	2,14	2,00	1,88	2,00
Minutos/Placa Estocástico	2,50	2,07	2,07	2,22

	Mezcla de Reacción	Termociclado	Lectura de Fluorescencia
	12A	13A	14A
	Placas/Hora	Placas/Hora	Placas/Hora
Mínimo	58	62	116
Media	59	63	118
Máximo	60	64	120
Desviación Estándar	1	1	2
Capacidad Estocástica	59	64	120
Minutos/Placa Determinístico	1,00	0,94	0,50
Minutos/Placa Estocástico	1,02	0,94	0,50

Nota: Ambos valores fueron calculados determinística y estocásticamente.

De este segundo estudio se desprende que la facility con menor capacidad de proceso de placas/hora es la de Centrifugado I, con una producción de 16 unidades por hora. Esto debido a los tiempos muertos de espera al centrifugar placas durante 30 minutos por corrida. La facility

con mayor capacidad corresponde a la de Lectura de fluorescencia, donde las cintas provenientes de la estación de Termociclado son rápidamente leídas por la cámara especializada.

4.3.3 Capacidad Estocástica Total del Proceso SG1 sin Proyecto.

Se calculó la capacidad total del sistema de forma determinística y estocástica, a partir de los tiempos de procesos descritos en las **Tabla 4.1** y **Tabla 4.2**. Se utilizó en Excel una función para llamar desde todas las facilities al mayor valor de **minutos/placa** determinístico y estocástico, entre todos los tiempos descritos para las 15 facilities.

Esta información fue llevada a la **Tabla 4.3**, donde el ítem **Minutos en el Sistema por Placa** describe cada cuántos minutos estaría saliendo una nueva placa del sistema completo. Este valor viene dado por la facility crítica que marcaría el paso del proceso. Luego sobre esto se calcularon las capacidades en términos de cuántas placas por hora y placas por día la empresa obtiene en la actualidad del sin proyecto.

Tabla 4.3 Capacidad determinística y estocástica del proceso SG1 global.

Capacidad de Placas SG1	
Determinístico	Estocástico
Minutos en el Sistema por Placa	
5,00	6,00
Placas/Hora	
12	10
Placas/Día	
96	80

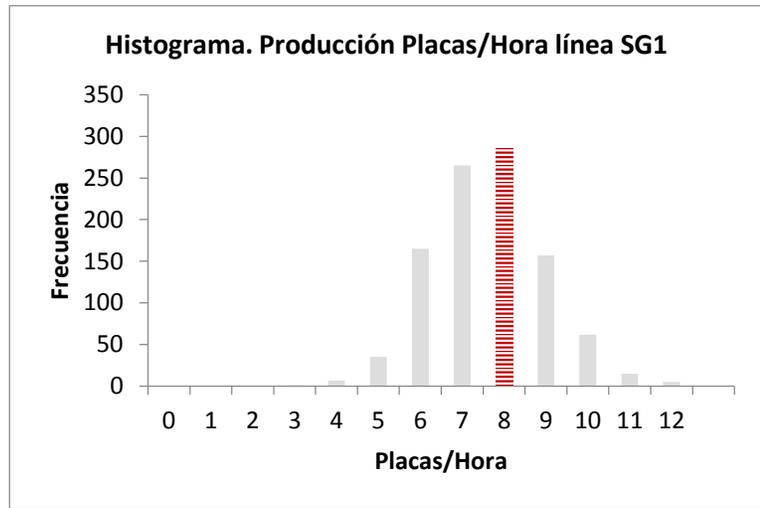
De esta tabla, en la columna **Determinístico** fue traído el mayor valor entre todas las capacidades máximas determinísticas descritas en cada facility, el cual corresponde a un número *fijo*. Igualmente, en la columna **Estocástico** fue traído el mayor valor entre las facilities, pero que en este caso corresponde a un número *variable* que va cambiando activamente según los resultados de las fórmulas de distribución gamma y normal aplicada. Por lo tanto, mientras que el valor determinístico final de **96 placas/día** se mantiene fijo, el valor estocástico **80 placas/día** se va moviendo de manera activa entre el la capacidad mínima y máxima posible a la que puede llegar el sistema.

En el caso del valor obtenido determinísticamente de 96 placas/día, este corresponde a la facility de **Análisis de Datos** que juega como la estación crítica que lleva el paso de la producción SG1. En el caso del punto de vista estocástico, este valor depende directamente del resultado probabilístico de las estaciones **Análisis de Datos**, **Recepción y Plaqueo** y **Centrifugado I**, puesto son las facilities con menor capacidad con un rango de mínimo **24 placas/día** y máximo de **96 placas/día**. Entre estas tres estaciones la primera corresponde a la facility crítica en términos determinísticos, pero no necesariamente la que más atrase al proceso si consideramos la fluidez

estocástica del modelo, pues en ciertas ocasiones la facility con menor capacidad puede pasar a ser cualquiera de las otras dos.

Para determinar dentro de este rango dinámico cuál es el valor final de placas por día más probable, se construyó una macro que capturó en una muestra de 1.000 eventos el valor placas/día Estocástico de la **Tabla 4.3** para la construcción de un histograma con el resumen del estudio (**Figura 4.6**).

Placas/Hr	Frecuencia	Probabilidad
0	0	-
1	0	-
2	0	-
3	1	0,1%
4	7	0,7%
5	35	3,5%
6	165	16,5%
7	265	26,5%
8	288	28,8%
9	157	15,7%
10	62	6,2%
11	15	1,5%
12	5	0,5%



Resumen	Conversión a Placas/Día
Mínimo	24
Máximo	96
Moda	64

Figura 4.6 Histograma relacionado a la capacidad estocástica de la línea de producción SG1.

Nota: Considera una muestra de 1.000 eventos. En la parte inferior se describe una tabla que resume las capacidades en términos de placas/día, considerando una jornada laboral de 8 horas.

Por lo tanto, como cierre de este estudio se establece que mientras que la capacidad determinística de la planta es de **96 placas/día**, su capacidad estocástica real es de **64 placas/día**, correspondiente a un 33,3% menos de la capacidad total.

4.3.4 Optimizaciones del Proceso Productivo *sin* Proyecto.

Debido a que la capacidad actual del laboratorio funciona con un **33,3% por debajo de la capacidad total**, se estudiaron posibles optimizaciones a aplicarse sobre la facility crítica de Análisis de Datos, y las subsecuentes de Recepción/Plaqueo y Centrifugado I. Este análisis apunta a mejorar la capacidad estocástica de la planta, previo al estudio de la inserción del proyecto de doble haploides a la línea productiva principal.

Se describirán las optimizaciones para las tres estaciones, tras lo cual será calculada nuevamente la capacidad estocástica total del proceso.

a) Optimización de facility de Análisis Genéticos.

Descripción detallada del procedimiento en la facility:

- **Asignación de genotipo a cada semilla:** El genetista abre los archivos que salen del laboratorio, los cuales indican la fluorescencia de cada muestra en un gráfico. Según como migran las muestras en el gráfico, el genetista determina cuál es el genotipo para cada muestra.
(Tiempo determinístico promedio por placa 2 minutos).
- **Envío a repeticiones:** Puede suceder que las muestras migren en el gráfico de forma poco clara o muy dispersa, en estos casos el especialista las analiza asignando un genotipo, pero al final utilizará un software para determinar cuánta información se perdió debido a la poca claridad. Si esta excede al 10% de las muestras se enviará a repetir.
(Tiempo determinístico promedio por placa 2 minutos).
- **Selección genética:** Cuando un resultado es claro y se pueden asignar genotipos correctamente, el especialista puede comenzar a trabajar con ellos utilizando un software que le ayudará a determinar cuáles son las mejores semillas para cruzar y obtener una buena descendencia.
(Tiempo determinístico promedio por placa 0,5 minutos).
- **Envío de semillas a multiplicar:** Una vez hecha la selección, se envía un informe a los clientes con los resultados finales del análisis.
(Tiempo determinístico promedio por placa 0,5 minutos).

Es importante recordar que varias placas pueden conformar un experimento solicitado por un cliente, que es lo que un analista estudia, repite o reporta (es su unidad de trabajo). Por lo tanto, los tiempos acá observados corresponden al necesario para analizar un experimento estándar de 10 placas, llevado a la unidad equivalente minutos/placa.

Material de Entrada: Archivo de resultados del laboratorio.

Material de Salida: Informe con semillas seleccionadas o petición de repetición.

Placas por Hora (Determinístico): 12.

OPTIMIZACIÓN APLICABLE: El análisis inicial de los resultados de laboratorio es medianamente fácil, hay que agrupar las muestras que aparecen en los gráficos para identificarlas con un genotipo en especial (**Figura 4.5**), como también marcar aquellas muestras que serán datos perdidos. Este primer paso no requiere de mayores conocimientos técnicos y es la etapa que más demora a los genetistas, sobre todo si se hace necesario enviar a repetir.

Esta fase inicial es perfectamente delegable a personas sin mayores conocimientos en genética, y luego simplemente ser chequeada por un especialista. Por este motivo se evalúa la contratación de personal no especializado, por ejemplo practicantes de carreras relacionadas con el área biológica, para realizar un pre-análisis de los datos que salen del laboratorio y que de esta forma sean entregados listos a los genetistas. Con este procedimiento se esperaría reducir los tiempos de análisis y envío a repeticiones desde 4 minutos a un chequeo rápido de 2 minutos.

Efecto sobre la producción:

- **Capacidad actual de la facility:** 12 placas/hora (5 minutos por placa).
- **Nueva capacidad tras optimización:** 20 placas/hora (3 minutos por placa).

b) Optimización de facility de Recepción y Plaqueo.

Descripción detallada del procedimiento en la facility:

- **Recepción de muestras:** El cliente envía las semillas dentro de sobres de papel, los que son recibidos en el laboratorio por un operario quien los ordena en un mesón para comenzar el trabajo. Cada sobre contiene 192 semillas de un mismo pedigrí (misma descendencia, por lo cual se espera que sean genéticamente idénticas). Lo que el cliente busca es ver que las semillas de un sobre arrojen como resultado el mismo genotipo, y que éste sea diferente al de las semillas del siguiente sobre para así comparar y saber qué pedigrí le conviene preservar. **(Tiempo determinístico promedio por placa 0,5 minutos).**
- **Separación de muestras:** Los sobres recibidos se abren y su contenido se separa en dos grupos de 96 semillas. Al primer grupo se le realizarán los análisis genéticos, mientras que el segundo será guardado como respaldo ante posibles fallos en el proceso (extracción de ADN impura, derrames de placas por operarios, fallas en los robots, etc.). Para hacer la separación de los dos grupos se utiliza la herramienta llamada Sorter, que recibe las semillas por un extremo y las devuelve en dos grupos de 96 semillas escogidas al azar. El paso del Sorter se realiza 10 veces, para asegurar que no habrá ningún tipo de sesgo en la selección de muestras a analizar. **(Tiempo determinístico promedio por placa 1 minuto).**

- **Almacenaje de respaldo:** Una vez realizada la separación, la persona a cargo toma uno de los grupos de 96 y lo devuelve a su sobre original donde lo sella, rotula y almacena, mientras que el otro grupo será plaqueado.
(Tiempo determinístico promedio por placa 0,5 minutos).
- **Plaqueo de muestras:** Finalmente, las 96 muestras escogidas para el análisis serán distribuidas manualmente entre los 96 pocillos de una placa de plástico. Esta es la parte del proceso que consume mayor tiempo a los operarios, puesto requiere precisión y exactitud al manipular las semillas que suelen ser de tamaños pequeños, al igual que los pocillos de destino.
(Tiempo determinístico promedio por placa 2,6 minutos).

Material de Entrada: Semillas en sobres.

Material de Salida: Semillas en placas y semillas de respaldo para almacenar.

Placas por Hora (Determinístico): 13.

OPTIMIZACIÓN APLICABLE: La fase de plaqueo de muestras es la que consume el mayor tiempo de los operarios, puesto que tienen que hacer encajar manualmente las semillas dentro de los 96 pocillos de la placa, donde suele suceder que más de una semilla caiga por pocillo por lo cual haya que rescatar una de ellas utilizando pinzas, entre otros.

Se buscó una opción que permitiese plaquear todas las semillas en forma instantánea y sin errores, para así evitar los 96 movimientos de posicionamiento de muestras que realizan los operarios por placa. Para esto se diseñó una herramienta consistente en una caja de acrílico del tamaño de una placa, capaz de encajar sobre éstas (**Figura 4.7**), conectada a una bomba de vacío que le permite la habilidad de succionar semillas desde un mesón, para luego hacerlas caer con precisión sobre cada uno de los pocillos de una placa.

La herramienta planteada constaría de:

- 1 - Un orificio en la parte superior donde se conecta una bomba de vacío.
- 2 - Una cámara interior donde fluye el aire succionado por la bomba.
- 3 - 96 orificios en su base, alineados exactamente para ponerse sobre los 96 pocillos de una placa.
- 4 - Zona de encaje con placas.

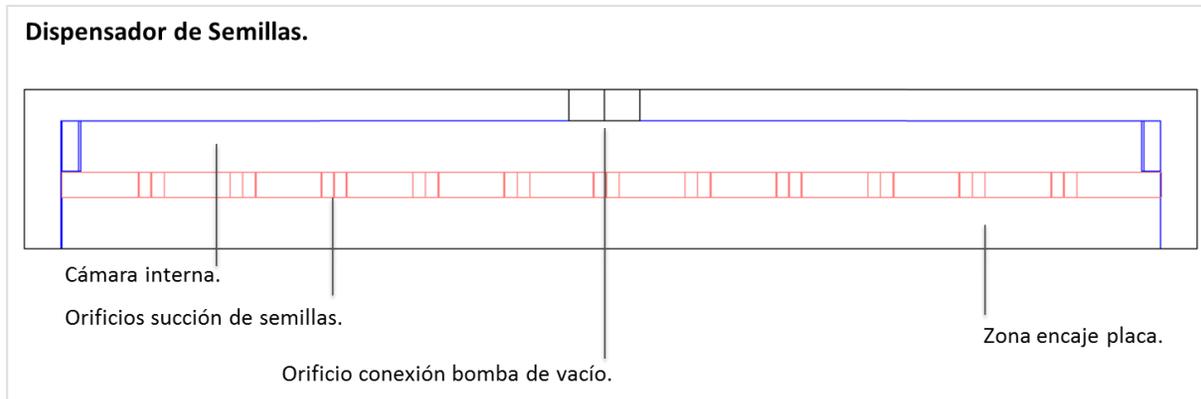


Figura 4.7 Dispensador de semillas.

Nota: Diseñado para succionar semillas de maíz en su base y liberarlas sobre placas de 96 pocillos.

La finalidad de este dispensador de semillas consiste en captar las semillas por su base con un sólo movimiento mediante succión, encajarse sobre una placa vacía y liberar las semillas correctamente sobre los pocillos de la placa, con lo que se reemplazaría los 96 movimientos del plaqueo manual. Se espera con esto reducir el paso de plaqueo actual de 3 minutos al aspirado y liberación de semillas en 0,5 minutos.

Efecto sobre la producción:

- **Capacidad actual de la facility:** 13 placas/hora (4,6 minutos por placa).
- **Nueva capacidad tras optimización:** 24 placas/hora (2,5 minutos por placa).

c) Optimización de facility de Centrifugado I.

Descripción detallada del procedimiento en la facility:

- **Sellado de placas:** Las placas que vienen del proceso de Lisis Celular son selladas a presión con una tapa de goma para no volcar el contenido correspondiente a la solución detergente.
(Tiempo determinístico promedio por placa 2 minutos).
- **Cargado de centrifugas:** Luego las placas son cargadas en las centrifugas. Esto debido a que en cada pocillo se encuentran en suspensión múltiples componentes celulares que necesitan ser separados del ADN, lo que se logra gracias a sus diferencias en densidad y coeficientes de sedimentación.
(Tiempo determinístico promedio por placa 1 minuto).
- **Centrifugación de placas:** Las placas son centrifugadas durante 26 minutos a 12.000 RPM, con lo que se espera que paredes, membranas y componentes celulares precipiten al fondo de cada pocillo.

(Tiempo determinístico promedio por placa 26 minutos).

- **Rescate de placas:** Las placas son sacadas con cuidado y dejadas en orden sobre un carro para que sean trasladadas a la siguiente etapa donde un robot rescatará la fase que queda en suspensión (con el ADN) de cada pocillo y se descartará lo que precipitó.

(Tiempo determinístico promedio por placa 1 minuto).

Material de Entrada: Placas con semillas pulverizadas en solución detergente.

Material de Salida: Placas con componentes celulares precipitados y ADN en suspensión.

Placas por Hora (Determinístico): 16 (dos centrífugas en paralelo, 8 unidades cada una).

OPTIMIZACIÓN APLICABLE: El proceso de separado de ADN es crítico puesto que en esta etapa se define la pureza de la muestra con la que se trabajará. Diversas moléculas contaminantes pueden ser traspasadas a los siguientes procesos si esta etapa no es realizada con cuidado, lo que provoca interferencia en las reacciones químicas de la fase de Termociclado, conllevando a resultados poco interpretables para la fase de Análisis Genéticos.

Reducir el tiempo y aumentar las RPM de centrifugado podría aportar a aumentar la capacidad de este cuello de botella, pero por lo general esto se traduce en obtenciones de ADN con un bajo grado de pureza. Por este motivo se evalúa la inversión en un tercer equipo de centrifugado para el procesamiento de muestras.

Considerando que cada centrífuga puede cargarse máximo con 4 placas por corrida, la inversión en una nueva unidad estaría aumentando la capacidad de la facility en 8 placas adicionales por hora.

Efecto sobre la producción.

- **Capacidad actual de la facility:** 16 placas/hora (3.75 minutos por placa).

- **Nueva capacidad tras optimización:** 24 placas/hora (2.5 minutos por placa).

4.3.5 Capacidad Estocástica Total Optimizada del Proceso SG1 *sin* Proyecto.

Una vez determinado el impacto de optimizar las facilities, se actualizaron los datos en la **Tabla 4.1** y **Tabla 4.2** antes descritas, para determinar la nueva capacidad total de la línea de producción.

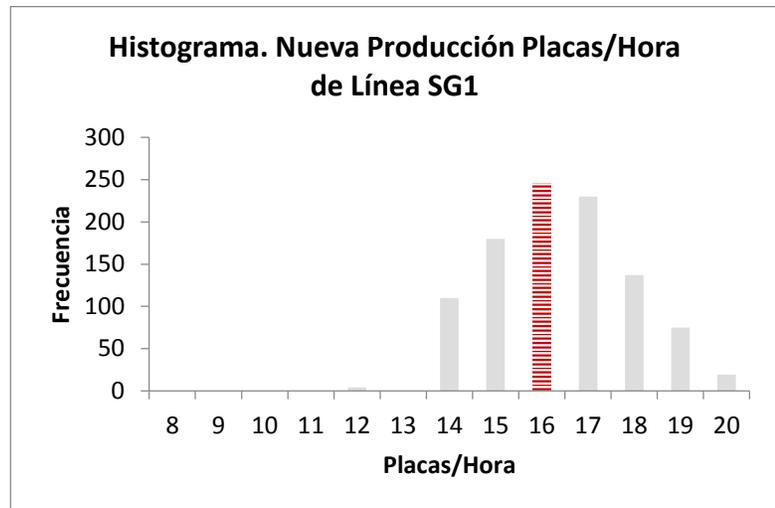
A partir de esto se construyó nuevamente una tabla de resumen, que en comparación con la **Tabla 4.3**, ésta estaría considerando las nuevas capacidades de las estaciones identificadas como las más lentas del proceso. Ésta corresponde a la nueva **Tabla 4.4**, donde la capacidad máxima determinística ahora corresponde a 160 placas/día, mientras que la capacidad máxima estocástica estaría fluctuando entre las 96 y 160 placas/día.

Tabla 4.4 Nueva capacidad determinística y estocástica del proceso SG1.

Nueva Capacidad de Placas SG1	
Determinístico	Estocástico
Minutos en el Sistema por Placa	
3,00	3,33
Placas/Hora	
20	18
Placas/Día	
160	144

Basado en este nuevo cálculo de capacidad, se volvió a calcular el valor más probable dentro del nuevo rango estocástico. Al igual que en la **Sección 4.3.3** se diseñó una macro para capturar la capacidad de planta estocástica dentro de 1.000 eventos. En la **Figura 4.8** se describe la nueva distribución de datos.

Placas/Hr	Frecuencia	Probabilidad
8	0	-
9	0	-
10	0	-
11	0	-
12	4	0,4%
13	0	0,0%
14	110	11,0%
15	180	18,0%
16	245	24,5%
17	230	23,0%
18	137	13,7%
19	75	7,5%
20	19	1,9%



Resumen	Conversión a Placas/Día
Mínimo	96
Máximo	160
Moda	128

Figura 4.8 Histograma relacionado a la nueva capacidad estocástica de la línea de producción SG1.

Nota: Se aplica optimizaciones considerando una muestra de 1.000 eventos. En la tabla de resumen inferior se encuentran las capacidades en términos de placas/día, considerando una jornada laboral de 8 horas.

Por lo tanto, mientras que la capacidad determinística de la planta es expandida a **160 placas/día**, se determinó que el valor estocástico más probable es de **128 placas/día**, correspondiente a un 20% menos de la capacidad total. Esta nueva capacidad sería suficiente para

suplir la demanda proyectada para Diciembre 2020 de 116 placas/día, según fue estimado y demostrado en el **Gráfico 2.1** (calculado también para la situación sin proyecto).

4.3.6 Conclusiones del Estudio de Capacidades y Tiempos del *sin Proyecto*

- a) Fueron descritas las facilities del proceso SG1, de las cuales 4 corresponden a estaciones de procesamiento manual, y 11 a estaciones automatizadas dependientes de equipos o robots. Las capacidades de las facilities manuales fue descrita utilizando una función de distribución gamma, mientras que para facilities automatizadas se utilizó una función de distribución normal.
- b) La capacidad determinística máxima del proceso SG1 corresponde a 96 placas/día. Por otro lado, la capacidad estocástica corresponde a un 33,3% menos que éste, siendo de 64 placas/día.
- c) Se estudiaron optimizaciones en el proceso, aplicadas a la facility crítica más las dos subsiguientes a ésta. En la estación crítica de Análisis de Datos se determinó la necesidad de contratar mano de obra no especializada. En la estación subsiguiente de Recepción y Plaqueo se propuso un dispositivo que ayudase a rellenar las placas con mayor rapidez. Finalmente, en la estación de Centrifugado I se determinó la necesidad de inversión en un tercer equipo.
- d) Luego de la aplicación de optimizaciones, se obtuvo que la capacidad determinística de planta aumenta a 160 placas/día, mientras que la capacidad estocástica correspondería a 128 placas/día (un 20% menos que el máximo), lo que sería suficiente para cubrir los puntos más altos de demanda del sin proyecto hasta Diciembre 2020.

4.4 ANÁLISIS DEL NUEVO PROCESO DE DOBLE HAPLOIDES

Una vez realizado el análisis genético en el laboratorio y seleccionadas las plantas, los clientes le darán diferentes usos a la información obtenida. Como se describió previamente, aproximadamente el 60% de ellos está interesado en generar semillas para la venta, las cuales deben tener un **patrón genético uniforme**. El resto está interesado en continuar con otros tipos de estudios científicos.

Para introducir el tema de doble haploides primero recordemos que el ADN es una cadena compuesta por nucleótidos (A, C, T y G), ordenados de manera específica para formar un código que trae todas las instrucciones para el desarrollo de un organismo. En la **Figura 4.9** Se esquematiza como dentro de cada célula existe un núcleo donde residen los cromosomas, los cuales están formados por una cadena de ADN, cuyos eslabones serían los cuatro nucleótidos mencionados. Adicionalmente, en esta figura podemos observar cómo un gen corresponde simplemente a un segmento de ADN, cuya instrucción contenida tiene un significado que se traducirá para desarrollar al organismo.

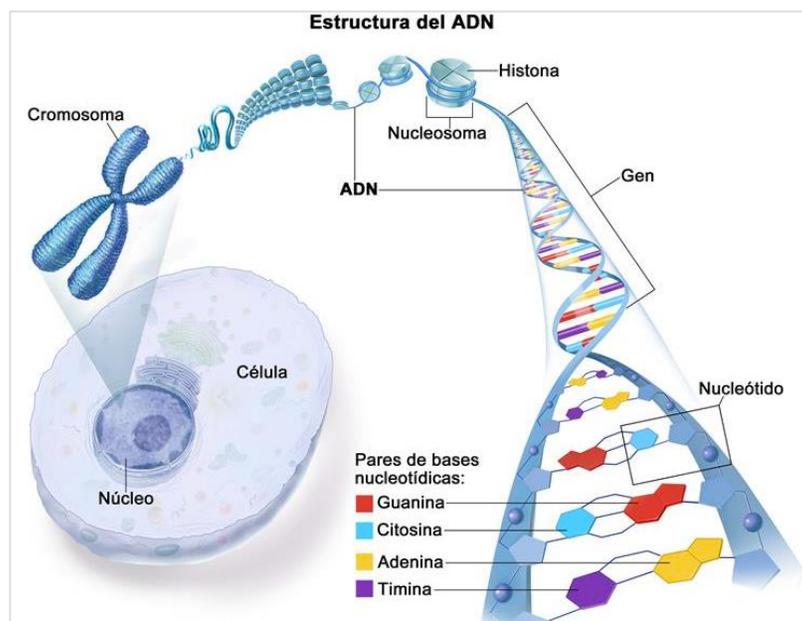


Figura 4.9 Esquema de la organización del ADN dentro de cromosomas en el núcleo celular.

Nota: Un gen sería un segmento de la cadena de ADN.

Fuente: Terese Winslow LLC U.S. Govt., 2015

El ADN de maíz es **diploide** al igual que en el ser humano, puesto dentro de su núcleo tiene dos set de cromosomas. Esto quiere decir que tiene un set de cromosomas heredados de la planta macho y un set heredado de la planta hembra, y ambos en conjunto hacen juego (por ejemplo, en humanos tenemos dos set de 23 cromosomas cada uno, uno proveniente del padre y otro de la madre). Como lo genes vienen en el ADN, esto significa que cada organismo de este tipo tiene

al menos dos copias para cada uno de los genes de su ADN (un gen que viene en los cromosomas paternos y otro de los maternos). Ambos genes son muy similares pero no necesariamente idénticos, puesto el código genético que los compone puede variar en sus letras. Por ejemplo, el gen relacionado con el tamaño de los granos de maíz puede ser más eficiente en su versión heredada del padre que en la versión que proviene de la madre.

Cuando el laboratorio analiza la presencia de genes de interés para el cliente, puede encontrarse con tres posibles casos al mirar resultados:

I) Ambas versiones del gen son idénticas y de interés para el cliente, por lo cual la planta es “**Homocigota A**” para este gen y potencia al máximo las capacidades del organismo.

II) Ambas versiones del gen son distintas (una de interés y la otra no), por lo cual la planta es “**Heterocigota**” para este gen, el cual se expresa pero no en su máximo potencial.

III) Ambas versiones del gen son idénticas pero no de interés para el cliente, por lo cual la planta es “**Homocigota B**” para el gen y será descartada.

Por lo tanto, a los clientes les interesa que todas sus plantas sean del tipo Homocigoto A para todos los genes de importancia testeados, lo cual no es posible al corto plazo. Una alternativa para volver una planta completamente homocigota es realizar un proceso llamado generación de **Doble Haploides**, donde se generan plantas que tienen duplicado o el set de cromosomas del padre, o el set de la madre.

En el caso de maíz, ésta es una planta que contiene órganos reproductivos tanto masculinos como femeninos. Dentro de cada grano de la mazorca inmadura se encuentra el óvulo, con un único set de cromosomas (haploide, como sería un óvulo humano). Por otro lado, en la parte superior de la planta se desarrolla el polen, que contiene el segundo set de cromosomas complementario (haploide, como sería un espermatozoide). Cada grano de la mazorca inmadura tiene una seda que se expone al medio ambiente por la punta de ésta (conocidos como los pelos que tienen las mazorcas en la punta), donde al caer los granos de polen y hacer contacto utilizarán esta seda como un camino para llegar hasta cada óvulo y fecundar. Cuando el polen se encuentra con el óvulo se juntan ambos set de cromosomas formando un organismo diploide, tras lo cual se desarrollará la mazorca con la información mezclada que haya heredado del padre y la madre.

La alternativa a este proceso conocida como técnica de doble haploides consiste en tomar los óvulos inmaduros, evitar que entren en contacto con el polen y lograr que se duplique su propio set de cromosomas, formando un organismo cuasi diploide sin haber mezclado cromosomas con el set que vendría en el padre. De esta forma entonces, a partir de un organismo haploide se obtiene uno Doble-Haploide con información idéntica en ambos set de cromosomas pues los dos son maternos.

El proceso de generación de haploides tiene tres etapas fundamentales donde es necesaria la coordinación con el cliente:

a) Las plantas seleccionadas por el laboratorio en la fase SG1 son polinizadas con una especie de trigo puntual llamada “Stock 6” (otorgada por la compañía). Este proceso lo realiza el cliente en el campo. Trigo y maíz son especies distintas, por lo cual no son compatibles. Lo que sucederá es que el polen de trigo llegará hasta el óvulo de maíz y desencadenará el desarrollo del embrión, pero como no son compatibles, el ADN de trigo se degradará mientras esto ocurre, generando un embrión “inmaduro” que es haploide puesto solo contiene el set de cromosomas de la madre. Este embrión desarrollará una semilla, conocida como un grano de maíz.

b) Se envían las semillas generadas de esta cruce artificial al laboratorio, donde se realizan tratamientos químicos para duplicar este set de cromosomas materno (descrito en detalle en la **Sección 4.5.1**).

c) Una vez duplicada la información genética, se harán germinar estas semillas dando paso a una plántula (primeros estadios de una planta), a la cual se le tomarán muestras de hojas para realizar el proceso SG2.

Entre los distintos proveedores del servicio de haploidía se suele ofrecer procesos “seed to seed”, que significa que el cliente envía semillas para testear y el laboratorio devuelve semillas haploides. Este proceso demora un año puesto hay que esperar a que la plántula generada llegue a etapa fértil y produzca semillas. También, el proceso “seed to plants” significaría recibir semillas y generar la plántula que es enviada al cliente para su posterior desarrollo.

Adicionalmente, se ofrecen servicios “in field” o “off field”. El primero significa que el doble haploide será producido en el campo del cliente (hay dependencia geográfica entre cliente-laboratorio). El segundo término significa que el doble haploide será producido en los laboratorios de la compañía y luego se harán llegar las semillas/plantas doble haploides terminadas al cliente.

En el caso de este proyecto se estudiaron los procesos en base a términos “seed to plants” con generación del doble haploide “off field”. Por razones de regulaciones internacionales o en algunos casos logística, en algunas oportunidades no es posible exportar plantas como tal, por lo cual éstas son primero crecidas y auto-fecundadas en Chile por empresas 3ras y luego sus semillas son exportadas.

4.5 FLOWSHEET OPERACIONAL CON PROYECTO

Dentro de la firma, se utilizan tratamientos convencionales para la obtención de líneas que tengan set de cromosomas idénticos (análisis que toman más años), y también se han probado algunos métodos de doble haploidía a baja escala (por ejemplo en las instalaciones de invernaderos en Arica), pero siempre a nivel de pruebas puntuales y no en términos productivos, puesto el método de cruces estandarizado en la compañía es el convencional.

Con el proyecto se estarían llevando estas pruebas puntuales a una línea de producción establecida, la cual pasaría a ser el principal método estandarizado para tratamiento de cruces en la compañía. Esta nueva línea estaría conformada por ocho nuevas facilities, que tomarían las muestras desde donde se terminó el proceso SG1, procesándolas como DH y haciéndolas entrar nuevamente a la línea principal pero ahora como SG2 (**Figura 4.10**).

En el Flowsheet con proyecto, se destaca en celeste las 15 facilities del proceso principal SG1 que terminan con el reporte de resultados al cliente. En negro se destacan las ocho nuevas facilities necesarias para llevar a cabo el proceso DH. Como se ve en el esquema, el proyecto parte desde un nuevo envío de muestras por el cliente, luego se une a la línea principal a través de la facility 3M (Molienda), se salta la facility 4A (Adición de Solución Salina), y continúa hasta el final del proceso principal.

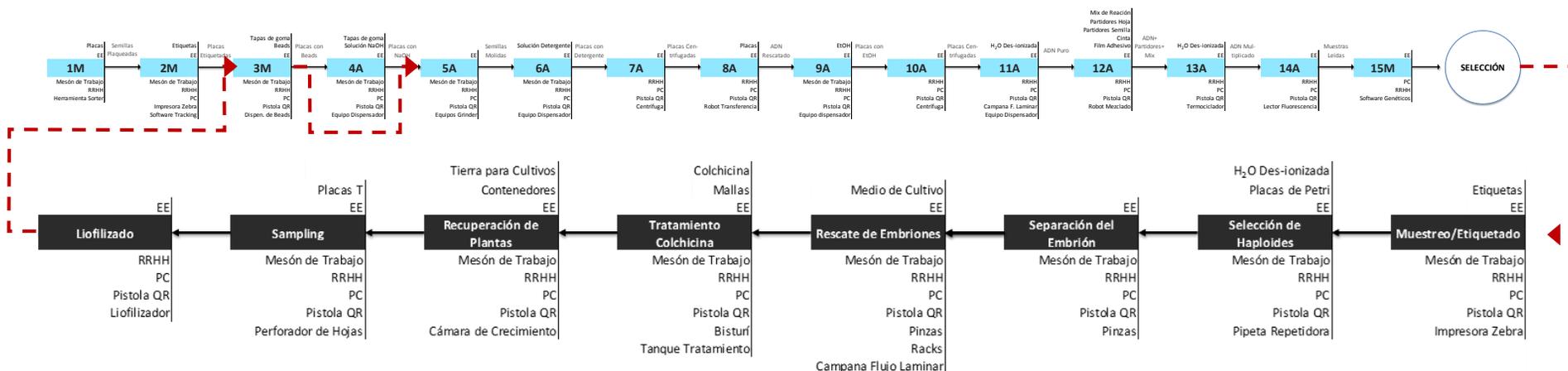


Figura 4.10 Flowsheet operacional del *sin* proyecto (estaciones en celeste) unido al Flowsheet operacional del proyecto (estaciones en negro).

El proyecto consideraría entonces:

Etapas SG1: Análisis genético actual desde facility 1M a 15M, hasta generar reporte con plantas seleccionadas.

Etapas DH: Análisis adicional que vendría dado por el proyecto, el cliente vuelve a enviar semillas (esta vez de plantas seleccionadas y cruzadas con la variedad de trigo Stock 6), para hacer el proceso de doble haploidía. Corresponde a Facilities 16M a 23A.

Etapas SG2: Análisis adicional también dado al nuevo proyecto. Esta corrida es similar a SG1, con la excepción que no ocupa las facilities 1M, 2M ni 4A. Termina con la selección de una plántula que será enviada al cliente.

4.5.1 Descripción de Facilities Pertencientes al Proyecto

El proyecto se desarrolla en ocho facilities cuyo proceso comienza una vez que el cliente recibe el informe con las plantas seleccionadas en la corrida SG1, y envía de vuelta semillas obtenidas al fertilizar las plantas seleccionadas con polen de trigo, variedad "Stock 6" (aproximadamente hay dos semanas de diferencia en este paso). Es muy importante que las semillas que el cliente busque transformar provengan de una fecundación con polen de esta variedad de trigo en particular, debido a que es reconocida científicamente como una variedad capaz de provocar el desarrollo de embriones haploides con un **ratio de éxito de un 8%** aproximadamente. Adicionalmente, esta variedad de trigo contiene un gen que codifica una enzima que provoca una reacción colorimétrica útil para la identificación de los embriones haploides exitosos (**Figura 4.11**). El proceso DH en general es manual, excepto la última etapa. Al igual que en el sin proyecto, las facilities serán descritas en orden cronológico, destacando si son procesos manuales (**M**) o automatizados (**A**).

16M) Muestreo y Etiquetado: El cliente envía las semillas al laboratorio dentro de sobres etiquetados. Cada sobre contiene todos los granos resultantes de la fecundación con trigo, por lo tanto cada sobre representa una mazorca (aproximadamente se obtienen 400 semillas por mazorca). Cada sobre es ingresado al sistema de tracking de laboratorio, y deberá ser relacionado con el código de experimento que tenían las semillas en SG1. Se imprimen las etiquetas que se utilizarán para rastrear las muestras durante el proceso.

17M) Selección de Haploides: Un operario tomará los sobres y los abrirá para extraer las semillas que hayan sido exitosas en la fecundación de trigo. Como se comentó en la introducción de esta sección, la variedad Stock 6 tiene una enzima que genera una reacción colorimétrica. Esta enzima es la responsable de generar antocianinas, que son compuestos químicos pertenecientes a los flavonoides, responsables de la coloración rojiza-morada de los vegetales (**Figura 4.11**) y que no se encuentra en maíz. Ya que el cliente envía todos los granos resultantes de la cruce híbrida, en esta facility es necesario que el operario identifique las semillas que realmente son haploides del resto. En general el porcentaje de éxito es de un 8%, por lo cual se espera rescatar alrededor de 30 semillas las cuales se dejarán remojando en una placa de Petri (**Figura 4.14**).



Figura 4.11 Mazorca de maíz resultante de cruce entre trigo variedad Stock 6 con maíz.

Nota: La pigmentación morada es devisa gen para antocianinas presente en Stock 6.

Fuente: Genetics and gene problem. John H. Wahlert & Mary Jean Holland, 1999.

En una cruce exitosa se espera que el ADN de trigo (y el color morado) se mantenga aislado solamente en la cobertura de la semilla (endosperma), puesto tiene el gen para la antocianina. Por el contrario, el centro de la semilla (embrión) debe mantenerse blanco puesto solo tiene ADN materno haploide, y no existe la enzima generadora de antocianinas (**Figura 4.12**). Por lo tanto:

- Endosperma morado y embrión blanco: Haploide, exitoso. Sólo ADN haploide materno.
- Endosperma morado y embrión morado: Diploide, fallido. ADN de trigo mezclado.
- Endosperma blanco y embrión blanco: Diploide, fallido. Probablemente este grano se fecundó con polen de otra planta de trigo que contaminó el experimento.



Figura 4.12 Semillas haploides.

Nota: Se caracterizan por su cobertura morada (presencia de cromosomas de trigo) y el centro blanco (ausencia de cromosomas de trigo, por lo tanto solo ADN haploide materno).

Fuente: Induction of haploidy, Albrecht, Melchinger and Vanessa Prigge. University of Hohenheim, 2012.

18M) Separación de Embrión: Las 30 semillas seleccionadas que se dejaron remojando del día anterior están listas para separar su embrión. Para esto son dispuestas bajo un microscopio estereoscópico y un operario con la ayuda de pinzas separará el embrión presionando la semilla. El embrión de maíz es la pequeña “pepa” blanca que se encuentra al interior de cada grano (**Figura 4.13**).



Figura 4.13 Embrión (en el bisturí) separado de la semilla.

Fuente: Biotecnología: ensino e divulgação, Maria Antonia Malajovich, 2010.

19M) Rescate de Embriones: Un operario va a traspasar cada uno de los embriones a una nueva placa de Petri que contenga un medio nutritivo para el embrión inmaduro, y de esta forma favorecer su desarrollo a pesar de ser haploide. Cada placa (graduada en 36 recuadros) contiene entonces 30 embriones representantes de un sobre inicial (**Figura 4.14**). Las placas se dejan en una habitación oscura durante tres días, condición que en conjunto con la presencia de humedad y nutrientes gatilla en los embriones su germinación, puesto se está simulando las condiciones presentes cuando una semilla es plantada en tierra.



Figura 4.14 Placa de Petri.

Nota: Al contrario de las placas de 96 del proceso actual de análisis genéticos, las placas de Petri no poseen pocillos. En el caso de la facility 19M estas placas vienen con un medio gelatinoso nutritivo donde se plantan los embriones, separados por la graduación grabada en la placa (36 recuadros).

Fuente: Caja petri cuadrada, estéril. Científica Senna.

20M) Tratamiento Colchicina: Una vez que los embriones lograron germinar, un operario los tomará uno a uno y les cortará la punta de la raíz con un bisturí y luego los dejará dentro de una malla amarrada en su extremo superior. Los 30 embriones germinados se irán dentro de esta malla cerrada para ser sumergidos en Colchicina dentro de un tanque. Colchicina es una droga anti-mitótica que es capaz de inhibir el proceso de mitosis celular. Las mallas se dejan sumergidas en Colchicina durante 12 horas y luego son lavadas con agua de la llave.

La mitosis celular es el proceso por el cual una célula tiene la capacidad de duplicar todo su contenido y dividirse en dos nuevas células hijas. Cuando una célula va a generar otra, ésta debe duplicar todo su contenido (incluyendo su núcleo con el ADN) y luego separarse en dos nuevas células independientes. La droga Colchicina es capaz de interrumpir este proceso justo después de que el ADN se duplica, dejando una célula con doble carga de ADN. Este paso es vital, puesto es donde los embriones haploides pasaran a ser Doble-Haploides al replicar el set de cromosomas maternos presente.

Por lo tanto, como se explica en la **Figura 4.15**, el efecto principal de la droga Colchicina es detener la mitosis, dejando las células con su material duplicado sin la capacidad de dividirse.

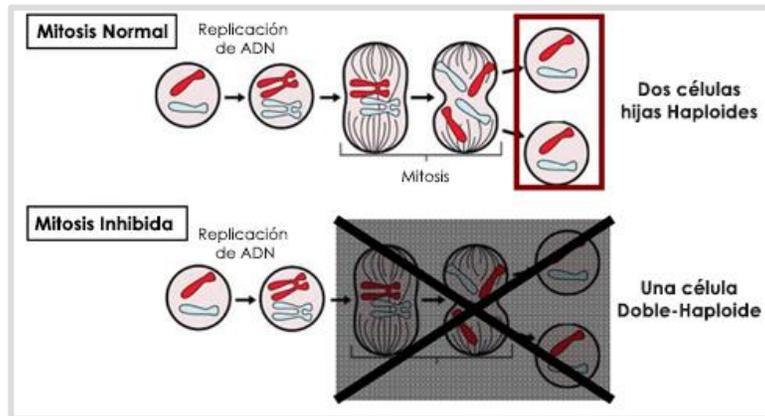


Figura 4.15 Proceso de mitosis normal e inhibida por Colchicina.

Fuente: Induction of haploidy, Albrecht, Melchinger and Vanessa Prigge. University of Hohenheim, 2012.

21M) Recuperación de Plantas: En esta fase los embriones ya doble haploides son tomados por un operario y sembrados en potes con tierra para cultivos. En este punto una placa se traduce en 30 potes que serán dejados dentro de salas de cultivo durante 14 días. Una sala de cultivo es una habitación cerrada con múltiples racks, donde cada bandeja tiene sus propios tubos de neón (luz blanca fría), que alumbran directamente los potes para simular la luz solar. Se dejan dentro de la cámara con fotoperiodo 16:8 (16 horas de luz y 8 de oscuridad).

22M) Sampling: Una vez que las plantas han generado 2-3 hojas se utiliza un perforador de discos de hoja para sacar muestras (similar a una perforadora de oficina). Cada disco cortado corresponde a un círculo de 0,5 cm de diámetro. Se sacan 3 discos por planta y son llevados en orden a una placa de 96 pocillos. De esta forma las 30 plantas iniciales ahora formarán una única placa con 90 pocillos ocupados. A la placa se le adosan las etiquetas generadas en la etapa 16M de Etiquetado.

23A) Liofilizado: Las placas son ingresadas a un liofilizador, donde se dejarán durante 12 horas. Este corresponde a un proceso de sublimación de las muestras, donde se extraerá todo su contenido líquido pasando directamente desde un estado sólido a uno gaseoso, al congelar las muestras y evaporar el agua, dejando discos secos de hojas. Este proceso es vital para que las hojas queden secas y quebradizas al momento de agregar beads en las placas para moler el tejido.

4.5.2 Layout de la Estación Experimental del Proyecto de Doble Haploides

En la **Figura 4.16** se esquematiza cómo se distribuirían las ocho nuevas facilities necesarias para el proceso DH. Al contrario de las estaciones de la línea SG1, la distribución de éstas requiere mayores espacios de trabajo tanto para el almacenaje como para el tratamiento de las muestras. Este edificio estaría construido en un espacio contiguo al actual laboratorio, para facilitar el manejo de muestras.

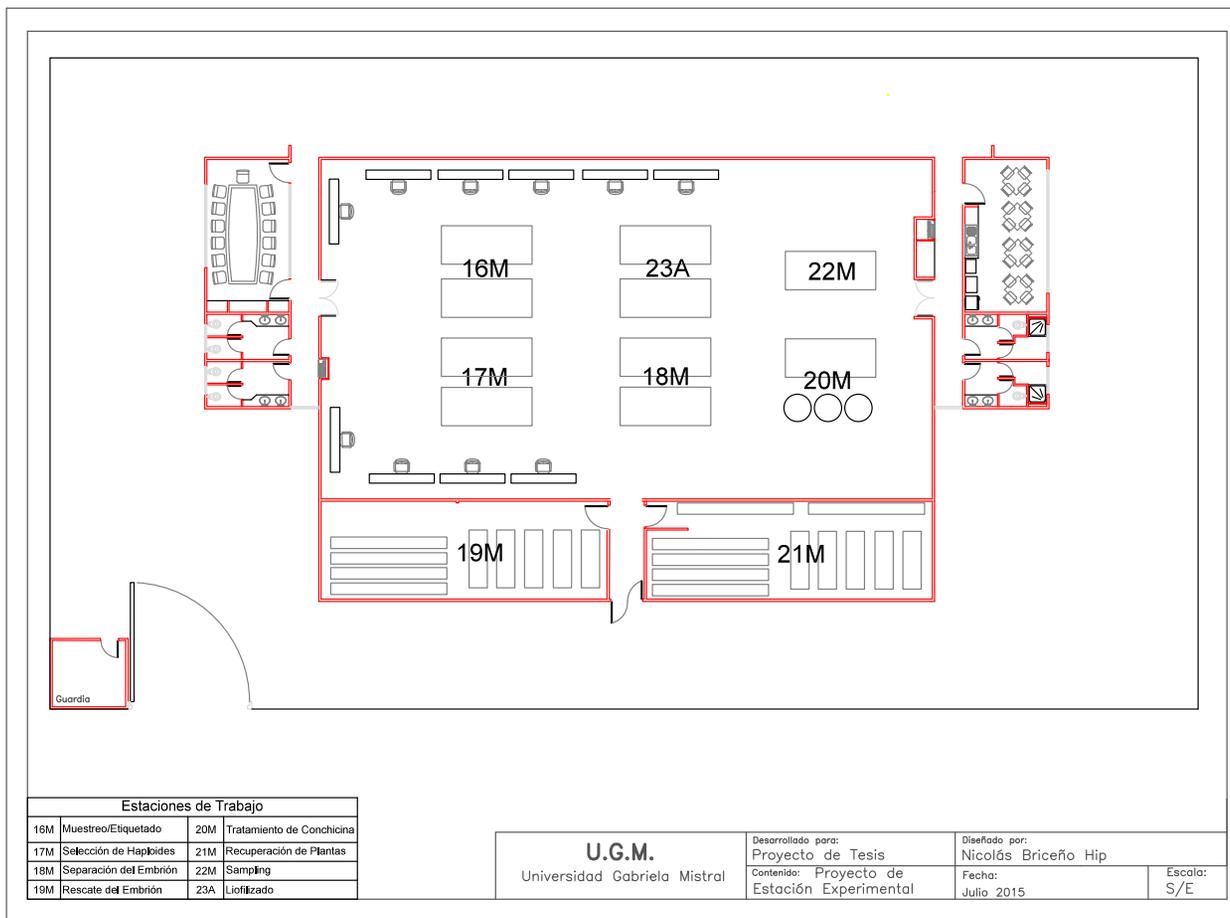


Figura 4.16 Layout de la estación experimental para tratamientos de doble haploidía.

Nota: El nuevo edificio constaría con divisiones para 8 nuevas facilities para el procesamiento y almacenaje de plantas DH.

4.6 CAPACIDADES POR FACILTY DEL FLOWSHEET DEL PROYECTO

Las muestras que llegan a esta fase vienen en sobres de papel y son transferidas a placas de Petri, mallas, potes y finalmente a placas de 96 pocillos. Para mantener la misma unidad equivalente de trabajo, fueron llevados todos los cálculos de tiempo y capacidad a la misma unidad determinada en el sin proyecto de **placas/hora**. Igualmente, se utilizaron funciones de distribución gamma para describir procesos manuales, y distribución normal para automatizadas.

4.6.1 Capacidad y Tiempo Determinístico/Estocástico de Facilities Manuales del Proyecto

Fueron utilizadas las mismas ecuaciones descritas en la sección 4.3.1 para las facilities manuales, procediendo con la misma metodología. En el caso de las capacidades medias y desviaciones estándar de las facilities manuales se utilizaron valores estimativos, considerando que para el proyecto no se cuenta con valores históricos como en el sin proyecto. En la **Tabla 4.5** se observan los valores obtenidos para las estaciones manuales del proyecto.

Tabla 4.5 Tiempos y capacidades determinísticos y estocásticos para las facilities manuales del proyecto.

	Muestreo y Etiquetado	Selección de Haploides	Separación del Embrión	Rescate de Embriones
	16M	17M	18M	19M
	Placas/Hora	Placas/Hora	Placas/Hora	Placas/Hora
Mínimo	26	16	7	31
Media	28	18	10	33
Máximo	30	20	13	35
Desviación Estándar	2	2	3	2
Alfa	392,00	162,00	33,33	544,50
Beta	0,07	0,11	0,30	0,06
Capacidad Estocástica	28	20	12	30

Minutos/Placa Determinístico	2,00	3,00	4,62	1,71
Minutos/Placa Estocástico	2,14	3,00	5,00	2,00

	Tratamiento con Colchicina	Recuperación de Plantas	Sampling
	20M	21M	22M
	Placas/Hora	Placas/Hora	Placas/Hora
Mínimo	36	21	8
Media	38	23	11
Máximo	40	25	14
Desviación Estándar	2	2	3
Alfa	722,00	264,50	40,33
Beta	0,05	0,09	0,27
Capacidad Estocástica	37	22	10

Minutos/Placa Determinístico	1,50	2,40	4,29
Minutos/Placa Estocástico	1,62	2,73	6,00

Del estudio se desprende que las facilities manuales con menor capacidad de proceso de placas/hora son las de Separación de Embriones (facility crítica) y luego la estación de Sampling. La primera, con capacidad máxima para 13 unidades por hora, corresponde a la separación del embrión contenido dentro de cada grano de maíz (**Figura 4.13**), lo cual es un proceso meticuloso. La segunda, con capacidad máxima para 14 unidades por hora, corresponde al proceso de corte de discos de hojas para llenar las placas que serán testeadas en SG2, lo que a pesar de ser un proceso mecánico consume tiempo por la precisión requerida a los operarios.

La facility con mayor capacidad corresponde a la de Tratamiento con Colchicina, pues se puede trabajar un gran número de placas en forma de lote.

4.6.2 Capacidad y Tiempo Determinístico/Estocástico Facilities Automatizadas del Proyecto

Utilizando la misma metodología descrita en la sección 4.3.2 se obtuvieron los valores para la única facility automatizada de la estación experimental de haploidía (**Tabla 4.6**). Esta facility correspondiente al liofilizado, consiste en un equipo donde se van dejando todas las muestras durante el día de trabajo, para que éstas sean procesadas durante la noche. En este caso, el equipo no está procesando placas en el momento mismo de la operación, sino cuando concluye la jornada aboral. Su capacidad de placas por hora fue calculada como la capacidad máxima de llenado del equipo de 216 placas (optimizando al máximo el espacio en su interior), dividido por las 12 horas que se demora durante la noche en procesar.

Tabla 4.6 Tiempos y capacidades de la estación automatizada de Liofilizado.

Liofilizado	
23A	
Placas/Hora	
Mínimo	16
Media	17
Máximo	18
Desviación Estándar	1
Capacidad Estocástica	16
Minutos/Placa Determinístico	3,33
Minutos/Placa Estocástico	3,75

4.6.3 Capacidad Estocástica Total del Proceso DH.

El procedimiento para la determinación de la capacidad del proceso DH fue realizado tal como en la sección 4.3.3, esta vez utilizando la información determinística y estocástica calculada en la **Tabla 4.5** y la **Tabla 4.6**. Se utilizó la misma ecuación previamente descrita para llamar el mayor valor de **Minutos/Placa** entre cada estación y con esto se construyó la (**Tabla 4.7**).

Tabla 4.7 Capacidad de placas por día del proyecto de tratamientos de doble haploides.

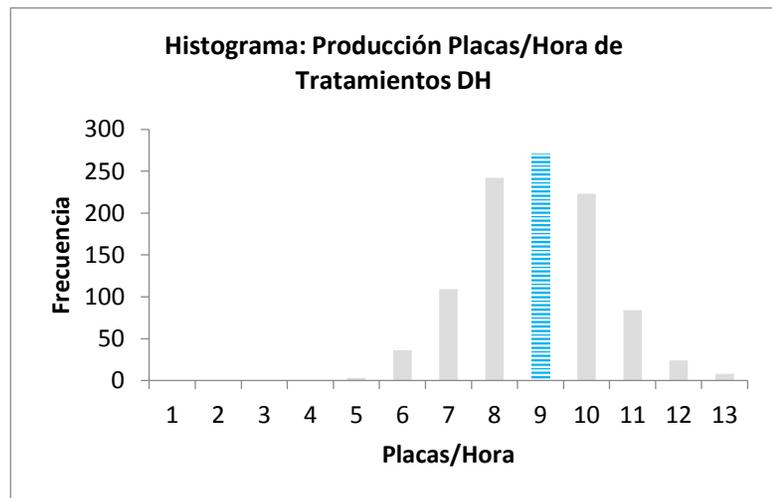
Capacidad de Placas DH	
Determinístico	Estocástico
Minutos en el Sistema por Tratamiento DH	
4,62	6,00
Placas/Hora	
13	10
Placas/Día	
104	80

De este análisis se concluye que la máxima capacidad determinística del proyecto es de **104 placas/día** en una jornada laboral de 8 horas. Este valor que es fijo contrasta con la capacidad estocástica, cuyos tiempos probables hacen fluctuar la capacidad entre **40 hasta 104 placas/día**.

En el caso del valor obtenido determinísticamente, este máximo corresponde a la facility de **Separación de Embriones**, que vendría a ser la estación crítica para el proceso DH. Desde el punto de vista estocástico, dependiendo de la situación de estudio la facility limitante puede ser la de **Separación de Embriones**, la de **Sampling** o ambas.

Se determinó cuál sería el valor estocástico más probable para las estaciones DH. Al igual como fue descrito anteriormente, se creó una macro que capturó el valor placas/hora de la **Tabla 4.7** en 1.000 oportunidades y con esto se creó el histograma descrito en la **Figura 4.17**.

Placas/Hr	Frecuencia	Probabilidad
1	0	-
2	0	-
3	0	-
4	0	-
5	3	0,3%
6	36	3,6%
7	109	10,9%
8	242	24,2%
9	271	27,1%
10	223	22,3%
11	84	8,4%
12	24	2,4%
13	8	0,8%



Resumen	Tratamientos DH/Día
Mínimo	40
Máximo	104
Moda	72

Figura 4.17 Histograma relacionado a la capacidad estocástica de la línea de producción DH.

Nota: Considera una muestra de 1.000 eventos. En la parte inferior se describe una tabla que resume las capacidades en términos placas/día, considerando una jornada laboral de 8 horas.

Por lo tanto, se concluye que la capacidad determinística del proyecto DH por si solo es de **104 placas/día**, mientras que su capacidad estocástica es de **72 placas/día**, correspondiente a un 30,1% menos de la capacidad total.

4.6.4 Conclusiones del Estudio de Capacidades y Tiempos del Proyecto

- a) Fueron descritas las facilities del proceso DH, de las cuales 7 corresponden a estaciones de procesamiento manual y sólo 1 es automatizada. Las capacidades de facilities manuales fueron descritas utilizando una función de distribución gamma, mientras que para la facility automatizada se utilizó una función de distribución normal.
- b) La capacidad determinística máxima del proceso de doble haploidía corresponde a 104 placas/día. Por otro lado, la capacidad estocástica corresponde a un 30,1% menos, siendo de 72 placas/día.

4.7 ESTUDIO DEL PROCESO GLOBAL (SG1, DH Y SG2).

Concluidos los estudios individuales de capacidad y tiempos para el con y sin proyecto, se procede a analizar el proceso global. En la **Figura 4.18** se esquematiza el orden cronológico en el que operan las facilities de la línea principal y su interacción con el proyecto. Este proceso comienza por SG1 (facilities 1M a 15M), luego pasa a DH (facilities 16M a 23A), y cierra el ciclo con SG2 (donde se vuelve a pasar por facilities 3M a 15M, con la excepción de 4A). Es importante recordar que en promedio sólo un 60% de las muestras tratadas en 15M pasarán a 16M (y con una diferencia de dos semanas), por lo cual no se podría decir que el paso de placas es directo. Por el contrario, todo lo que termina de pasar por 23A, sí se va directo a 3M puesto en este punto sí están completamente conectadas la línea principal y el proyecto.

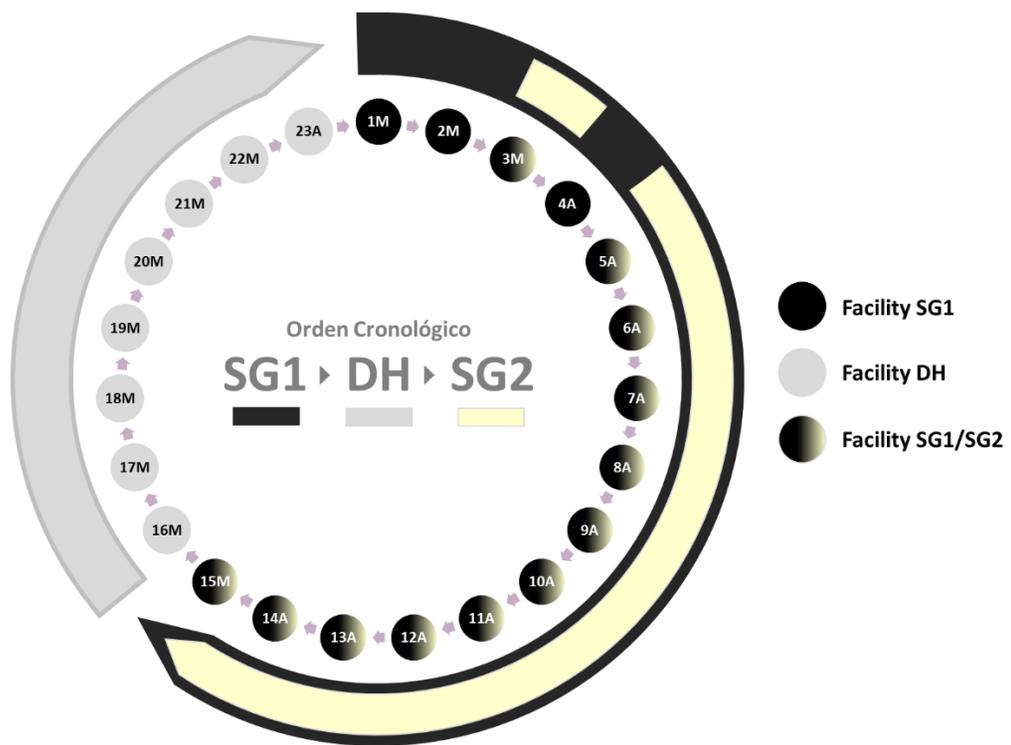


Figura 4.18 Esquema del proceso global SG1 > DH > SG2.

Nota: El proceso comienza en 1M donde el análisis SG1 se extenderá hasta 15M. Posteriormente prosigue el proceso DH desde 16M hasta 23A y cierra el proceso SG2 volviendo a pasar por 3M hasta 15M (saltando la estación 4A).

Con una flecha negra se esquematizó en la **Figura 4.18** el curso del proceso SG1 a través de las primeras facilities. A continuación, el proceso DH fue esquematizado con una flecha gris durante ocho estaciones, y finalmente el proceso SG2 con una flecha amarilla discontinuada. La

interrupción en la flecha amarilla ejemplifica el hecho de que para el proceso SG2 no se requiere que las placas pasen por las estaciones 1M, 2M y 4A.

Además en esta figura, quedaron destacadas como circunferencias negras las facilities que son de uso exclusivo del proceso SG1, en gris las exclusivas del proceso DH y en negro/amarillo para el caso de facilities de SG2, que se comparten con SG1.

El proceso global se esquematizó como un círculo cerrado, pero hay que recordar dos puntos importantes: No todo lo que sale de 15M se va a 16M, y que en el caso de placas que vienen desde 23A, éstas se saltarán las facilities de color negro al entrar en SG2.

4.7.1 Capacidad de las Facilities en Comparación a la Demanda Proyectada.

Debido a que existen distintos niveles de demanda dentro del proceso global, fueron analizadas por separado las capacidades de respuesta de las estaciones SG1/SG2 y DH.

a) Capacidad de estaciones SG1/SG2 respecto a la demanda proyectada.

Como se concluyó en la sección 4.3, la capacidad estocástica de las estaciones de los procesos SG1 y SG2 es de 128 placas/hora, luego de la aplicación de optimizaciones.

Anterior a esto, se determinó en la **Tabla 2.5** que la empresa esperaba recibir una demanda máxima de 187 placas/días en el mes de Diciembre 2020. Este valor corresponde a la suma de placas SG1 proyectadas a esa fecha (116 unidades), más las correspondientes placas SG2 estimadas (70 unidades). Adicionalmente, a esto hay que agregar que diariamente se espera un porcentaje de repeticiones de un 10%, por lo cual el número máximo final de placas estimadas para el mes punta de Diciembre 2020 es de **205 placas/día**.

Debido a que la capacidad actual con optimizaciones vendría a ser insuficiente (128 placas diarias), se estudiaron dos estrategias para poder recibir esta demanda proyectada:

- **Incremento del número de horas hábiles:** Con la finalidad de mantener los equipos funcionando una mayor cantidad de horas, se extenderá el número actual de 8 a 10 horas por jornada laboral. Para esto, se abrirá el rango de horas de entrada y salida de los operarios, dividiéndolos en un grupo que entrará una hora antes y un grupo que entrará una hora después de la actual hora de comienzo de operaciones.

Con esto se logra ganar 2 horas laborales por día (1 por el grupo que entra antes y 1 por el grupo que se retira después), que al final de la semana se hace equivalente a haber trabajado un sexto día de 10 horas. Ambos grupos de deben capacitar para tener la habilidad de desarrollar tareas del otro grupo, en horarios donde no topan.

Se hizo una simulación con 1.000 eventos considerando este aumento en horas laborales diarias, y se construyó un histograma al igual como fue realizado anteriormente para los cálculos de capacidad. En la **Tabla 4.8** se resume el nuevo valor mínimo, máximo y capacidad estocástica esperada.

Tabla 4.8 Nueva capacidad del proceso SG1/SG2.

Resumen	Placas/Día
Mínimo	120
Máximo	200
Moda	160

Nota: Datos calculados al incrementar la jornada laboral en 2 horas diarias.

- **Aumento de personal en facility crítica:** Se estudió el impacto en la capacidad de producción al aumentar el personal en la facility crítica de Análisis Genéticos. Se consideró la contratación de un genetista más y la apertura de un segundo puesto para un practicante. Con esto la capacidad máxima estocástica (considerada como la moda en una muestra de 1.000 eventos) aumentó a 190 placas por día, lo que es aún insuficiente.

Entre las estaciones de menor capacidad, la siguiente en formar un cuello de botella corresponde a la de Recepción y Plaqueo, para la cual se consideró la inclusión de un segundo operario (y adquisición de un segundo dispensador), con lo cual se calculó nuevamente la capacidad.

Con estos dos cambios la nueva capacidad estocástica de planta aumentó a **210 Placas/Día (Tabla 4.9)**, lo cual sería suficiente para cubrir el máximo de demanda calculado dentro del margen del proyecto.

Tabla 4.9 Nueva capacidad del proceso SG1/SG2.

Resumen	Placas/Día
Mínimo	150
Máximo	240
Moda	210

Nota: Datos calculados al incrementar la jornada laboral en 2 horas diarias.

b) Capacidad estaciones DH respecto a la demanda proyectada.

Como se concluyó en la sección 4.6, la capacidad estocástica del proceso de doble haploidía es de **72 Placas/Día** en una jornada laboral de 8 horas. Previamente en la **Tabla 2.5** se realizó una estimación de la demanda placas SG2, considerando al mes punta de Diciembre del año 2013 y su proyección hacia Diciembre 2020. Considerado que la relación entre placas que pasan por el proceso de DH en comparación a las que pasan por SG2 es de 1:1, se puede concluir del estudio que se esperaría una demanda desde 28 tratamientos DH por día en Diciembre 2014, hasta 70 placas por día en Diciembre 2020.

Por este motivo, se determina que la capacidad planeada para la estación experimental DH daría abasto para recibir la demanda proyectada en el margen del proyecto.

4.7.2 Conclusiones del Modelamiento del Proceso en el *con* Proyecto

- a) Fue descrito el ciclo global del procesamiento de muestras. De la línea principal SG1 solamente el 60% de las muestras pasaría a tratamientos DH, mientras que todo lo que pasa por este segundo proceso luego se irá a SG2, donde son utilizadas 12 de las 15 facilities de la línea principal.
- b) Se realizó una comparación entre la capacidad estocástica del proceso global y la demanda proyectada hacia el año 2020. Debido a que la capacidad sería insuficiente, se estudió el impacto en la producción al aumentar las horas de trabajo diario y el personal de dos estaciones. Finalmente, con la adopción de estas nuevas estrategias se lograría una capacidad de **210 Placas/Día** para los procesos SG1/SG2 en conjunto.
- c) El mismo análisis anterior se realizó para la línea DH, determinando que la capacidad estocástica inicial calculada de **72 Placas/Día** sería suficiente para la demanda proyectada.

4.8 CONCLUSIONES SOBRE LA CAPACIDAD DEL PROCESO GLOBAL

Dado los análisis de capacidad de la planta actual y del proyecto, se concluye del estudio que tras la aplicación de las optimizaciones descritas, el proceso global tendría la capacidad requerida para atender la demanda proyectada, incluso durante los meses punta de Diciembre.

Tanto en las secciones **4.1** como **4.4** se realizaron descripciones detalladas del proceso envuelto en el trabajo SG1/SG2 y DH respectivamente. Con esto se buscó contextualizar la situación actual de la empresa y destacar la importancia de la instauración del proyecto para completar el ciclo de estudios genéticos para clientes.

Posteriormente, en las secciones **4.2** (Flowsheet SG1) **4.5** (Flowsheet DH) se describieron las estaciones que conforman cada proceso. El primero consta de 15 facilities, de las cuales 13 de ellas son compartidas con los procesos de SG2. El segundo consta de sólo 8 facilities, entre las cuales existen tiempos muertos de proceso (por ejemplo incubaciones), que no están presentes en la línea principal. Entre estos tiempos, el mayor corresponde a 14 días de espera en la facility Recuperación de Plantas, por lo cual para efectos de estudio del proceso como una línea continua, se considerará que el proyecto comienza 14 días antes de la fecha establecida como partida.

Luego, en las secciones **4.3** y **4.6** se estudiaron las capacidades de los procesos SG1/SG2 y DH respectivamente. Para el primero fueron consideradas optimizaciones básicas necesarias para obtener un mayor rendimiento de la línea productiva.

Finalmente, el capítulo cierra con la sección **4.7** donde tanto el con y sin proyecto son unidos en una sola línea productiva continua, esquematizada como un proceso circular. En este punto es analizada nuevamente la capacidad (ahora desde un punto de vista global), y se detecta la necesidad de aplicar estrategias de horas de trabajo e inclusión de nuevo personal, para poder tener una planta con capacidad de respuesta a los mayores peak de demanda esperada para el cierre del proyecto en Diciembre 2020.

CAPÍTULO 5 MODELO DE SIMULACIÓN DE COSTOS

En este capítulo se desarrollará un modelo que permita simular los costos fijos y variables de la empresa, en su condición actual y al desarrollar el proyecto. Para esto, se describirán tanto los costos administrativos como los productivos, siendo estos últimos llevados a la unidad mínima correspondiente a placas procesadas por facility. Con esta información serán determinados los costos medios, costos marginales y costos totales asociados a la producción.

Los cálculos desarrollados en este capítulo forman parte de la base necesaria para la generación de los estados de resultados, balance y flujos de la compañía, estudiados en el capítulo siguiente de Modelo de Simulación Financiera.

Se detallarán primero los costos asociados al sin proyecto y luego para el con proyecto, con la finalidad de poder realizar tablas comparativas en el capítulo siguiente.

5.1 COSTOS DE INVERSIÓN EN EQUIPOS EN EL SIN PROYECTO

Para definir los costos actuales de la firma es necesario primero describir las capacidades de los equipos y el costo de inversión relacionado a la necesidad de incrementar estas capacidades. Esta información fue tabulada en la **Tabla 5.1**, donde estos valores fueron descritos considerando las optimizaciones aplicadas al sin proyecto en el capítulo anterior.

Tabla 5.1 Capacidades máximas diarias de las facilities tras las optimizaciones aplicadas al sistema.

	Facility	Capacidad Máxima Diaria	Equipo	Costo de Inversión	En Uso	Inversión Actual <i>sin</i> Proyecto
1M	Recepción/Plaqueo	192	Sorter	\$400.000	1	\$400.000
2M	Etiquetado/ingreso	496	Impresora Zebra	\$350.000	1	\$350.000
3M	Adición Beads	960	Dispensador de Beads	\$150.000	1	\$150.000
4A	Adición Sol. Salina	240	Dispensador de Soluciones	\$1.300.000	1	\$1.300.000
5A	Molienda	192	Grinder	\$2.300.000	2	\$4.600.000
6A	Lisis Celular	240	Dispensador de Soluciones	\$1.300.000	1	\$1.300.000
7A	Centrifugado I	192	Centrífuga	\$1.200.000	3	\$3.600.000
8A	Rescate Sobrenadante	224	Robot Transferencia	\$21.500.000	1	\$21.500.000
9A	Adición EtOH	240	Dispensador de Soluciones	\$1.300.000	1	\$1.300.000
10A	Centrifugado II	256	Centrífuga	\$1.200.000	2	\$2.400.000
11A	Secado ADN	240	Campana Flujo Laminar	\$2.100.000	1	\$2.100.000
			Dispensador de Soluciones	\$1.300.000	1	\$1.300.000
12A	Mezcla Reacción	480	Robot Mezclado	\$25.800.000	1	\$25.800.000
13A	Termociclador	512	Termociclador	\$5.300.000	1	\$5.300.000
14A	Lectura Fluorescencia	960	Lector de Fluorescencia	\$12.800.000	1	\$12.800.000
15M	Análisis Genético	160	Computador	\$800.000	2	\$1.600.000
Total						\$85.800.000

Nota: Se indica la cantidad de equipos en uso por estación y el costo relacionado cubierto por el sin proyecto.

En esta tabla se describe la relación equipo/facility y el costo asociado a la inversión en nueva maquinaria. Adicionalmente, se describe la cantidad de equipos en uso actual más la inversión actual realizada al optimizar el sin proyecto. La estación con menor capacidad diaria (considerando una jornada laboral de 8 horas) es la de Análisis Genéticos. En esta facility en particular, el aumento de capacidad requiere la compra de un equipo de bajo costo (computador) y adicionalmente la contratación de un nuevo genetista, que se verá reflejado en la **Tabla 5.2**.

5.2 COSTOS FIJOS DEL FLOWSHEET SIN PROYECTO

Se estudiaron los costos relacionados a la producción de análisis genéticos SG1 en plantas. Para esto se detallan a continuación los costos fijos administrativos, costos fijos relacionados a la producción y luego los costos variables relacionados a la cantidad producida por el laboratorio.

5.2.1 Costos Fijos Mensuales Relacionados a la Producción del sin Proyecto

Se describieron los costos fijos mensuales relacionados con la producción (sueldo de operarios), más costos fijos mensuales de aseo y mantenciones programadas (**Tabla 5.2**).

Para los **costos de mantenciones programadas** de robots y equipos mayores, se consideró como costo mensual el valor de cada mantención (de pago anual), dividido en 12. En facilities donde se manejan herramientas menores como impresoras, dispensadores o computadores (1M, 2M, 3M y 15M), no se consideró un costo de mantención, puesto una vez depreciados se cambian. Para los **costos mensuales de aseo** se consideró el sueldo pagado a la persona encargada del aseo de equipos y laboratorio, dividido en el número de facilities del sin proyecto (15).

Tabla 5.2 Costos fijos relacionados a la producción en el sin proyecto.

	Facility	Mantención	Aseo	Sueldo Operarios
1M	Recepción/Plaqueo	\$0	\$40.000	\$800.000
2M	Etiquetado/ingreso	\$0	\$40.000	\$800.000
3M	Adición de Beads	\$0	\$40.000	\$800.000
4A	Adición Solución Salina	\$41.667	\$40.000	\$800.000
5A	Molienda	\$50.000	\$40.000	\$800.000
6A	Lisis Celular	\$41.667	\$40.000	\$800.000
7A	Centrifugado I	\$50.000	\$40.000	\$800.000
8A	Rescate del Sobrenadante	\$333.333	\$40.000	\$1.000.000
9A	Adición de EtOH	\$41.667	\$40.000	\$800.000
10A	Centrifugado II	\$33.333	\$40.000	\$800.000
11A	Secado de ADN	\$208.333	\$40.000	\$800.000
12A	Mezcla de Reacción	\$416.667	\$40.000	\$1.000.000
13A	Termociclado	\$333.333	\$40.000	\$1.000.000
14A	Lectura de Fluorescencia	\$416.667	\$40.000	\$1.000.000
15M	Análisis Genético	\$0	\$40.000	\$1.500.000
Total Costos Fijos Operativos		\$16.066.667		

Nota: Se indican los equipos en uso por estación y el costo relacionado por el Flowsheet sin proyecto.

De este análisis se determina finalmente que el costo total fijo operativo corresponde a **\$16 millones de CLP** mensuales.

5.2.2 Costos Fijos Administrativos Mensuales del *sin Proyecto*

Dentro de estos costos fijos están contemplados los sueldos de los cargos administrativos no relacionados de forma directa con la producción, junto con los arriendos pagados por el laboratorio en su situación actual. En la **Tabla 5.3** se detallan los costos mensuales asociados.

Tabla 5.3 Costos fijos administrativos mensuales del *sin proyecto*.

Personal	Cargo	Mensual	Total Mensual
1	Gerente General	\$3.500.000	\$3.500.000
1	Gerente Comercial	\$2.500.000	\$2.500.000
1	Gerente Finanzas	\$2.500.000	\$2.500.000
1	Jefe de Operaciones Laboratorio	\$2.500.000	\$2.500.000
1	Coordinador Operaciones	\$2.000.000	\$2.000.000
1	Coordinador Análisis G.	\$2.000.000	\$2.000.000
1	Planner	\$1.500.000	\$1.500.000
1	Robótica	\$1.500.000	\$1.500.000
1	Informática	\$1.500.000	\$1.500.000
1	Contador	\$1.500.000	\$1.500.000
2	Recursos Humanos	\$1.500.000	\$3.000.000
1	HSE	\$1.000.000	\$1.000.000
4	Guardia	\$700.000	\$2.800.000
1	Arriendo	\$2.000.000	\$2.000.000
Total Costos Fijos Administrativos			\$29.800.000

Finalmente, se consideró el **Costo Fijo Total** mensual como la adición de los costos fijos operativos y costos administrativos. Para esto fueron sumados los valores antes calculados, dando un total de **\$45,9 millones de CLP** mensuales:

Total Costos Fijos Operativos	\$16.066.667
Total Costos Fijos Administrativos	\$29.800.000
Total Mensual Costos Fijos	\$45.866.667

5.3 MODELO DE COSTOS VARIABLES SIN PROYECTO

5.3.1 Costos Variables por Facility del *sin Proyecto*

Se describieron los costos variables asociados a cada una de las facilities del sistema. Se detalla el insumo, su consumo y costo por placa producida. Con estos valores se determinó el costo de procesar una placa en cada etapa, con lo que se calculó un costo variable total por unidad

procesada (**Tabla 5.4**). No habría costos adicionales por arranque de partida ni economías de escala significativas en el proceso.

Finalmente, se determina que el costo por placa en el proceso SG1 sería de **\$12.082,7 CLP**.

5.3.2 Modelo de Costos Variables por Partidas del Flowsheet *sin Proyecto*

Los insumos consumidos por el laboratorio en las distintas facilities fueron agrupados en 10 partidas de costos, ordenadas desde los insumos de mayor costo (Partida 1: Mix de reacción para PCR), hasta los insumos de menor costo (Partida 9: H2O Des-ionizada) y posteriormente todos los insumos cuyo costo era casi irrelevante respecto a los anteriores (Partida Otros: Film Adhesivo, Etiquetas, EE, Tapas de Goma).

Tomando la información de la **Tabla 5.1** de capacidades máximas de los equipos, y de la **Tabla 5.4** de costos por unidad producida, se creó un modelo de costos donde el nivel de producción está medido en número de placas, desde la producción de 1 placa, hasta el máximo de la capacidad de 960 placas diarias (Facilities Adición de Beads y Lectura de Fluorescencia). Cada vez que una de las otras 13 facilities sobrepasó su máxima capacidad se agregó el costo de inversión correspondiente (**Nota:** Se calculó el costo relacionado a los insumos utilizados en cada estación, al procesar una placa de 96 muestras de semillas).

Tabla 5.5).

Adicionalmente, fueron calculados y graficados los costos marginales y costo medio por producción de cada placa, los cuales se mantienen constantes para cualquier nivel de producción. Esto puesto como ya se mencionó, en este proceso en particular no hay diferencias en costos por arranque de partida (es despreciable), ni tampoco habría presente economías de escala significativas para la producción. Al llegar a la producción de la placa número 161, los costos se disparan debido a la necesidad de inversión en un nuevo equipo para la facility 15M (**Figura 5.1**).

5.3.3 Momento Mensual del *sin Proyecto*

Se construyó una tabla con el momento mensual, tomando los datos históricos de producción del año 2013. Para esto se consideró el costo variable total calculado en la **Tabla 5.4** y se aplicó para la producción de cada mes. Como resultado, el costo variable anual del año 2013 fue de **\$175 millones de CLP (Tabla 5.6)**.

Respecto a los costos fijos, se utilizó la información mensual calculada en el punto **5.2.2**, la cual fue anualizada para obtener un costo fijo de **\$550 millones de CLP**. Este valor sumado a los costos variables del año 2013, dan un costo total de **\$726 millones de CLP**.

Considerando que ese año se analizaron 14.547 placas a un precio de \$60.000 cada una, se calcula que el ingreso fue de **\$872 millones de CLP**. Por lo tanto, la diferencia entre ingresos y costos nos da una utilidad neta de **\$146 millones de CLP** para el año 2013.

Tabla 5.4 Costos Variables por unidad de producción en el *sin* proyecto.

	Facility	Insumos	Consumo por Placa	Unidad	Precio Unitario	Total
1M	Recepción/Plaqueo	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
		Placas	1,00	Unidades	\$240	\$240,0
2M	Etiquetado/ingreso	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
		Etiquetas	1,00	Unidades	\$10	\$10,0
3M	Adición de Beads	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
		Beads	384,00	Unidades	\$1	\$384,0
4A	Adición Solución Salina	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
		Solución NaOH	48,00	mL	\$3	\$120,0
		Tapas de Goma	1,00	Unidades	\$50	\$50,0
5A	Molienda	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
6A	Lisis Celular	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
		Solución Detergente	38,40	mL	\$8	\$307,2
7A	Centrifugado I	EE	0,09	kWh	\$120	\$10,8
8A	Rescate de Sobrenadante	EE	0,08	kWh	\$120	\$9,2
		Placas	1,00	Unidades	\$240	\$240,0
9A	Adición de EtOH	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
		Etanol	57,60	mL	\$2	\$126,7
10A	Centrifugado II	EE	0,09	kWh	\$120	\$10,8
11A	Secado de ADN	EE	0,00	kWh	\$120	\$0,5
		H ₂ O Des-Ionizada	19,20	mL	\$1	\$23,0
12A	Mezcla de Reacción	EE	0,08	kWh	\$120	\$9,2
		Partidores Semilla	0,10	mL	\$7.000	\$672,0
		Mix	0,48	mL	\$20.000	\$9.600,0
		Cinta	1,00	Unidades	\$150	\$150,0
		Film Adhesivo	1,00	Unidades	\$1	\$0,5
13A	Termociclado	EE	0,10	kWh	\$120	\$12,4
		H ₂ O Des-Ionizada	78,13	mL	\$1	\$93,8
14A	Lectura de Fluorescencia	EE	0,03	kWh	\$120	\$3,3
15M	Análisis Genético	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2

Costo Variable Total de Producción de una Placa de Semillas \$12.082,7 CLP

Nota: Se calculó el costo relacionado a los insumos utilizados en cada estación, al procesar una placa de 96 muestras de semillas.

Tabla 5.5 Modelo de Costos Variables por partidas del *sin* proyecto.

F	12A	12A	1M, 8A	3M	6A	12A	9A	4A	11A, 13A	De 1M a 15M	
Q	Partida 1	Partida 2	Partida 3	Partida 4	Partida 5	Partida 6	Partida 7	Partida 8	Partida 9	Otros	Total
	Mix	Partidores	Placas	Beads	Solución Detergente	Cinta	Etanol	Solución NaOH	H ₂ O Des-ionizada	Film Adhe., Etiquetas, EE, Tapas Goma	
1	\$9.600,0	\$672,0	\$480,0	\$384,0	\$307,2	\$150,0	\$126,7	\$120,0	\$116,8	\$126,0	\$12.082,7
2	\$19.200,0	\$1.344,0	\$960,0	\$768,0	\$614,4	\$300,0	\$253,4	\$240,0	\$233,6	\$252,0	\$24.165,4
3	\$28.800,0	\$2.016,0	\$1.440,0	\$1.152,0	\$921,6	\$450,0	\$380,2	\$360,0	\$350,4	\$378,0	\$36.248,2
4	\$38.400,0	\$2.688,0	\$1.920,0	\$1.536,0	\$1.228,8	\$600,0	\$506,9	\$480,0	\$467,2	\$504,1	\$48.330,9
5	\$48.000,0	\$3.360,0	\$2.400,0	\$1.920,0	\$1.536,0	\$750,0	\$633,6	\$600,0	\$584,0	\$630,1	\$60.413,6

Nota: En la tabla se muestra como ejemplo el costo total para **sólo** las 5 primeras placas.

A través de la información obtenida con el modelo, fueron calculados los Costos Variables Totales, Costos Marginales y Costos Medios asociados a la producción de cada placa en una jornada laboral (**Figura 5.1**). Se observa que los costos se mantienen lineales hasta la producción de la **placa número 160**, correspondiente a la capacidad máxima de la estación de Análisis Genéticos. Al producir la unidad 161 los costos aumentan automáticamente debido al requerimiento de inversión en ésta facility.

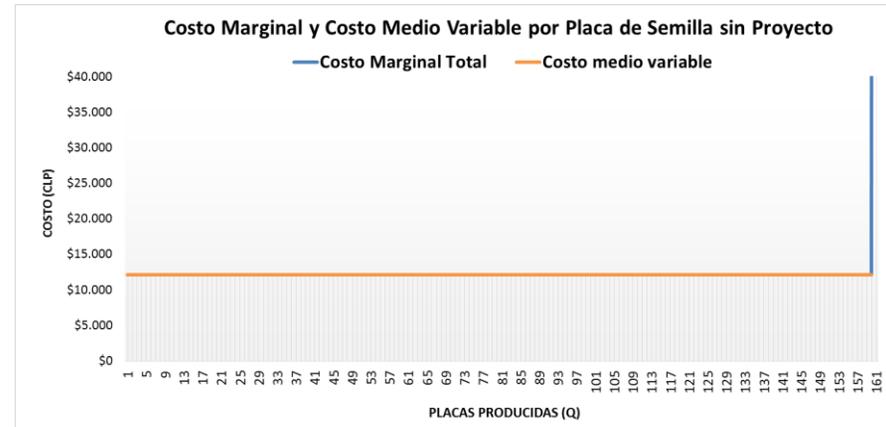
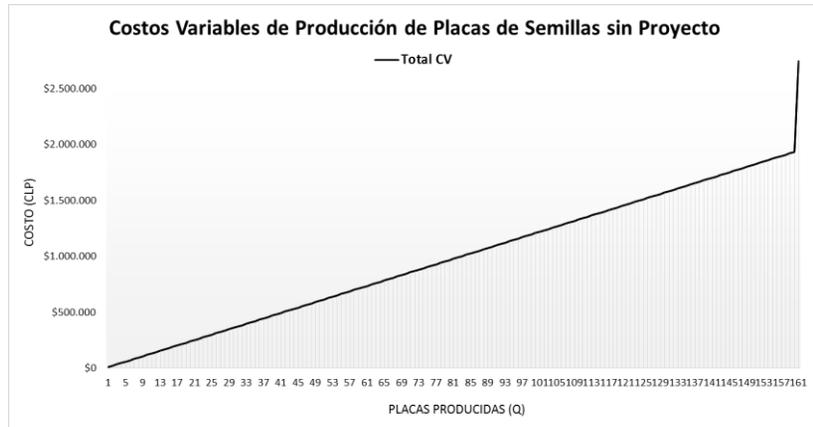


Figura 5.1 Costos Variables, Medio y Marginal calculados para la producción de placas.

Nota: En los gráficos se muestra el costo de proceso desde una placa hasta la número 161, donde se requiere una inversión.

Tabla 5.6 Momento Mensual obtenido a partir de los datos históricos de placas analizadas durante el año 2013.

Demanda Placas Histórica:			Producción Mensual de Análisis en Placas de Semillas Durante el Año 2013 (Histórico)											
			1.065	1.139	1.002	1.136	1.005	1.247	1.205	1.080	1.120	1.298	1.447	1.803
F	Insumos	Costo/Placa	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1M	EE	\$1,2	\$1.249	\$1.337	\$1.176	\$1.333	\$1.180	\$1.463	\$1.414	\$1.267	\$1.315	\$1.523	\$1.698	\$2.116
	Placas	\$240,0	\$255.568	\$273.380	\$240.565	\$272.595	\$241.270	\$299.165	\$289.130	\$259.103	\$268.903	\$311.520	\$347.353	\$432.768
2M	EE	\$1,2	\$1.249	\$1.337	\$1.176	\$1.333	\$1.180	\$1.463	\$1.414	\$1.267	\$1.315	\$1.523	\$1.698	\$2.116
	Etiquetas	\$10,0	\$10.649	\$11.391	\$10.024	\$11.358	\$10.053	\$12.465	\$12.047	\$10.796	\$11.204	\$12.980	\$14.473	\$18.032
3M	EE	\$1,2	\$1.249	\$1.337	\$1.176	\$1.333	\$1.180	\$1.463	\$1.414	\$1.267	\$1.315	\$1.523	\$1.698	\$2.116
	Beads	\$384,0	\$408.908	\$437.408	\$384.904	\$436.152	\$386.032	\$478.664	\$462.608	\$414.564	\$430.244	\$498.432	\$555.764	\$692.428
4A	EE	\$1,2	\$1.249	\$1.337	\$1.176	\$1.333	\$1.180	\$1.463	\$1.414	\$1.267	\$1.315	\$1.523	\$1.698	\$2.116
	Sol. NaOH	\$120,0	\$127.784	\$136.690	\$120.283	\$136.298	\$120.635	\$149.583	\$144.565	\$129.551	\$134.451	\$155.760	\$173.676	\$216.384
	Tapas	\$50,0	\$53.243	\$56.954	\$50.118	\$56.791	\$50.265	\$62.326	\$60.235	\$53.980	\$56.021	\$64.900	\$72.365	\$90.160
5A	EE	\$1,2	\$1.249	\$1.337	\$1.176	\$1.333	\$1.180	\$1.463	\$1.414	\$1.267	\$1.315	\$1.523	\$1.698	\$2.116
6A	EE	\$1,2	\$1.249	\$1.337	\$1.176	\$1.333	\$1.180	\$1.463	\$1.414	\$1.267	\$1.315	\$1.523	\$1.698	\$2.116
	Sol. Det	\$307,2	\$327.126	\$349.926	\$307.923	\$348.922	\$308.826	\$382.931	\$370.086	\$331.651	\$344.195	\$398.746	\$444.611	\$553.942
7A	EE	\$10,8	\$11.501	\$12.302	\$10.825	\$12.267	\$10.857	\$13.462	\$13.011	\$11.660	\$12.101	\$14.018	\$15.631	\$19.475
8A	EE	\$9,2	\$9.797	\$10.480	\$9.222	\$10.449	\$9.249	\$11.468	\$11.083	\$9.932	\$10.308	\$11.942	\$13.315	\$16.589
	Placas	\$240,0	\$255.568	\$273.380	\$240.565	\$272.595	\$241.270	\$299.165	\$289.130	\$259.103	\$268.903	\$311.520	\$347.353	\$432.768
9A	EE	\$1,2	\$1.249	\$1.337	\$1.176	\$1.333	\$1.180	\$1.463	\$1.414	\$1.267	\$1.315	\$1.523	\$1.698	\$2.116
	Etanol	\$126,7	\$134.940	\$144.345	\$127.018	\$143.930	\$127.391	\$157.959	\$152.661	\$136.806	\$141.981	\$164.483	\$183.402	\$228.501
10A	EE	\$10,8	\$11.501	\$12.302	\$10.825	\$12.267	\$10.857	\$13.462	\$13.011	\$11.660	\$12.101	\$14.018	\$15.631	\$19.475
11A	EE	\$0,5	\$482	\$515	\$454	\$514	\$455	\$564	\$545	\$488	\$507	\$587	\$655	\$816
	H ₂ O	\$23,0	\$24.534	\$26.244	\$23.094	\$26.169	\$23.162	\$28.720	\$27.756	\$24.874	\$25.815	\$29.906	\$33.346	\$41.546
12A	EE	\$9,2	\$9.797	\$10.480	\$9.222	\$10.449	\$9.249	\$11.468	\$11.083	\$9.932	\$10.308	\$11.942	\$13.315	\$16.589
	Partidores	\$672,0	\$715.589	\$765.464	\$673.582	\$763.266	\$675.556	\$837.662	\$809.564	\$725.487	\$752.927	\$872.256	\$972.587	\$1.211.749
	Mix	\$9.600,0	\$10.222.700	\$10.935.200	\$9.622.600	\$10.903.800	\$9.650.800	\$11.966.600	\$11.565.200	\$10.364.100	\$10.756.100	\$12.460.800	\$13.894.100	\$17.310.700
	Cinta	\$150,0	\$159.730	\$170.863	\$150.353	\$170.372	\$150.794	\$186.978	\$180.706	\$161.939	\$168.064	\$194.700	\$217.095	\$270.480
Film Adh.	\$0,5	\$532	\$570	\$501	\$568	\$503	\$623	\$602	\$540	\$560	\$649	\$724	\$902	
13A	EE	\$12,4	\$13.178	\$14.096	\$12.404	\$14.056	\$12.440	\$15.426	\$14.908	\$13.360	\$13.865	\$16.063	\$17.910	\$22.315
	H ₂ O	\$93,8	\$99.831	\$106.789	\$93.971	\$106.482	\$94.246	\$116.861	\$112.941	\$101.212	\$105.040	\$121.688	\$135.685	\$169.050
14A	EE	\$3,3	\$3.514	\$3.759	\$3.308	\$3.748	\$3.317	\$4.114	\$3.976	\$3.563	\$3.697	\$4.283	\$4.776	\$5.951
15M	EE	\$1,2	\$1.249	\$1.337	\$1.176	\$1.333	\$1.180	\$1.463	\$1.414	\$1.267	\$1.315	\$1.523	\$1.698	\$2.116

Nota: La cantidad de placas fueron multiplicados por el costo/placa asociado a los insumos de cada facility.

Tabla 5.6 (continuación). Detalle de placas producidas mensualmente en el año 2013, con los correspondientes ingresos generados.

Producción de Análisis 2013 e Ingresos												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Placas Producidas SG1	1.065	1.139	1.002	1.136	1.005	1.247	1.205	1.080	1.120	1.298	1.447	1.803
Precio de Venta Placa SG1	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Ingresos por Venta	63.891.875	68.345.000	60.141.250	68.148.750	60.317.500	74.791.250	72.282.500	64.775.625	67.225.625	77.880.000	86.838.125	108.191.875
Total Mensual Costos Variables Placas SG1	\$12.866.465	\$13.763.230	\$12.111.169	\$13.723.709	\$12.146.662	\$15.061.367	\$14.556.158	\$13.044.433	\$13.537.811	\$15.683.376	\$17.487.352	\$21.787.543
Total mensual Costos Fijos	\$45.866.667	\$45.866.667	\$45.866.667	\$45.866.667	\$45.866.667	\$45.866.667	\$45.866.667	\$45.866.667	\$45.866.667	\$45.866.667	\$45.866.667	\$45.866.667
Costo Total Mensual	\$58.733.132	\$59.629.896	\$57.977.836	\$59.590.376	\$58.013.329	\$60.928.034	\$60.422.825	\$58.911.100	\$59.404.478	\$61.550.043	\$63.354.018	\$67.654.210
Utilidades	\$5.158.743	\$8.715.104	\$2.163.414	\$8.558.374	\$2.304.171	\$13.863.216	\$11.859.675	\$5.864.525	\$7.821.147	\$16.329.957	\$23.484.107	\$40.537.665

	ANUAL 2013
TOTAL DE COSTOS VARIABLES PARA PLACAS SG1	\$175.769.276
TOTAL COSTOS FIJOS	\$550.400.000
COSTO TOTAL	\$726.169.276
INGRESOS POR VENTAS	\$872.829.375
UTILIDADES	\$146.660.099

Nota: Se calculó con esta información los costos totales para el año, junto con las utilidades netas obtenidas.

Tomando los datos históricos del año 2013 se calculó el costo variable mensual total según la cantidad placas producidas. Esto dio un valor anual de **\$175 millones de CLP**, que fue sumado junto con los costos fijos mensuales de **\$550 millones de CLP** para determinar las utilidades de la planta. Durante el año 2013 el laboratorio generó **\$146 millones de CLP** en utilidades.

5.4 COSTOS DE INVERSIÓN EN EQUIPOS CON PROYECTO

Los costos de inversión fueron definidos considerando ahora las facilities involucradas en el proyecto. En la **Tabla 5.7** se detallan las capacidades máximas, y costos de inversión asociados.

Tabla 5.7 Capacidades máximas diarias y costos de inversiones.

	Facility	Capacidad Máxima Diaria	Equipo	Costo Inversión	Unidades Necesarias	Inversión Necesaria
1M	Recepción/Plaqueo	480	Sorter	\$400.000	2	\$800.000
2M	Etiquetado/ingreso	620	Impresora Zebra	\$350.000	1	\$350.000
3M	Adición Beads	1200	Dispensador de Beads	\$150.000	1	\$150.000
4A	Adición Sol. Salina	300	Dispensador de Soluciones	\$1.300.000	1	\$1.300.000
5A	Molienda	240	Grinder	\$2.300.000	2	\$4.600.000
6A	Lisis Celular	300	Dispensador de Soluciones	\$1.300.000	1	\$1.300.000
7A	Centrifugado I	240	Centrífuga	\$1.200.000	3	\$3.600.000
8A	Rescate Sobrenadante	280	Robot Transferencia	\$21.500.000	1	\$21.500.000
9A	Adición EtOH	300	Dispensador de Soluciones	\$1.300.000	1	\$1.300.000
10A	Centrifugado II	320	Centrífuga	\$1.200.000	2	\$2.400.000
11A	Secado ADN	300	Campana Flujo Laminar	\$2.100.000	1	\$2.100.000
			Dispensador de Soluciones	\$1.300.000	1	\$1.300.000
12A	Mezcla Reacción	600	Robot Mezclado	\$25.800.000	1	\$25.800.000
13A	Termociclador	640	Termociclador	\$5.300.000	1	\$5.300.000
14A	Lectura Fluorescencia	1200	Lector de Fluorescencia	\$12.800.000	1	\$12.800.000
15M	Análisis Genético	400	Computador	\$800.000	4	\$3.200.000
16M	Muestreo/Etiquetado	240	Galpón 200 m ²	\$15.000.000	1	\$15.000.000
			Impresora Zebra	\$350.000	1	\$350.000
17M	Selección de Haploides	160	Pipeta Repetidora	\$300.000	1	\$300.000
18M	Separación Embriones	104	Microscopio Estereoscópico	\$500.000	1	\$500.000
19M	Rescate de Embriones	280	Racks	\$50.000	20	\$1.000.000
			Campana Flujo Laminar	\$2.100.000	1	\$2.100.000
20M	Tratamiento Colchicina	320	Tanque de Tratamiento	\$1.200.000	1	\$1.200.000
21M	Recuperación de Plantas	200	Racks	\$50.000	20	\$1.000.000
22M	Sampling	112	Perforador de Hojas	\$50.000	1	\$50.000
23A	Liofilizado	144	Liofilizador	\$15.000.000	1	\$15.000.000
Total						\$124.300.000

Cuadro Comparativo de Costos de Inversión		
Sin Proyecto	Con Proyecto	Diferencia
\$85.800.000	\$124.300.000	\$38.500.000

Nota: Inversiones necesarias para la implementación del proyecto en conjunto a la línea actual de producción. En azul se destacan las estaciones pertenecientes al proyecto, mientras que en rojo las unidades necesarias que aumentarían en el sin proyecto.

En esta nueva tabla fueron consideradas las nuevas mejoras necesarias para que el proceso global tenga la capacidad de respuesta requerida, según la demanda proyectada. Recordemos que ahora las facilities 1M a 15M estarían siendo ocupadas tanto por los procesos SG1 como SG2, por lo cual inicialmente sería necesaria la inversión en computadores y un Sorter, como se destaca en rojo en la columna **Unidades Necesarias**.

En azul se destacaron las estaciones correspondientes de forma exclusiva al proceso DH, de las cuales en la primera se cargó el costo de inversión en un nuevo galpón de 200 m².

En el cuadro comparativo se resume el costo de inversión realizado en el sin proyecto, en el con proyecto y finalmente la diferencia. Para el caso de la inversión requerida en instalaciones y equipos el proyecto significaría **\$38,5 millones de CLP** a la firma.

5.5 COSTOS FIJOS ADMINISTRATIVOS Y OPERATIVOS CON PROYECTO

En esta sección se detallarán los costos fijos relacionados a la producción y los costos fijos administrativos, en el escenario con proyecto. Posteriormente, serán descritos los costos variables relacionados al volumen de producción del laboratorio.

5.5.1 Costos Fijos Mensuales Relacionados a la Producción con Proyecto

Se describe para el con proyecto los costos fijos mensuales relacionados con la producción (sueldo operarios), más costos fijos mensuales de aseo y mantenciones programadas (**Tabla 5.8**).

Tabla 5.8 Costos fijos relacionados a la producción en el con proyecto

Facility		Mantención	Aseo	Sueldo Operarios
1M	Recepción/Plaqueo	\$0	\$40.000	\$800.000
2M	Etiquetado/ingreso	\$0	\$40.000	\$800.000
3M	Adición Beads	\$0	\$40.000	\$800.000
4A	Adición Sol. Salina	\$41.667	\$40.000	\$800.000
5A	Molienda	\$50.000	\$40.000	\$800.000
6A	Lisis Celular	\$41.667	\$40.000	\$800.000
7A	Centrifugado I	\$50.000	\$40.000	\$800.000
8A	Rescate Sobrenadante	\$333.333	\$40.000	\$1.000.000
9A	Adición EtOH	\$41.667	\$40.000	\$800.000
10A	Centrifugado II	\$33.333	\$40.000	\$800.000
11A	Secado ADN	\$208.333	\$40.000	\$800.000
12A	Mezcla Reacción	\$416.667	\$40.000	\$1.000.000
13A	Termociclador	\$333.333	\$40.000	\$1.000.000
14A	Lectura Fluorescencia	\$416.667	\$40.000	\$1.000.000
15M	Análisis Genético	\$0	\$40.000	\$3.000.000
16M	Muestreo/Etiquetado	\$0	\$75.000	\$800.000
17M	Selección de Haploides	\$0	\$75.000	\$800.000
18M	Separación Embriones	\$41.667	\$75.000	\$800.000
19M	Rescate de Embriones	\$0	\$75.000	\$800.000
20M	Tratamiento Colchicina	\$166.667	\$75.000	\$800.000
21M	Recuperación de Plantas	\$0	\$75.000	\$800.000
22M	Sampling	\$0	\$75.000	\$800.000
23A	Liofilizado	\$250.000	\$75.000	\$800.000
Total Costos Fijos Operativos		\$25.025.000		

Cuadro Comparativo Costos Fijos Operacionales		
Sin Proyecto	Con Proyecto	Diferencia
\$16.066.667	\$25.025.000	\$8.958.333

Al igual que en la sección anterior, se mensualizaron los costos de **mantenciones programadas** de equipos mayores y robots, mientras que equipos menores y herramientas no se consideraron en el ítem de mantención, puesto al fallar se compran nuevas unidades. Respecto a la estación 15M, se destacó en rojo el sueldo a operarios mensual, puesto este se duplicaría bajo este nuevo escenario.

Para los cotos de aseo, se prorrateó el sueldo pagado entre el número de facilities para el con y sin proyecto por separado (8 y 15 facilities respectivamente), debido a que serían instalaciones independientes, cada una con su propio operario para el aseo.

En el cuadro comparativo se detallan los costos fijos operacionales, donde se observa una diferencia de **\$8,9 millones de CLP** de inversión necesaria al asumir el proyecto.

5.5.2 Costos Fijos Administrativos Mensuales con Proyecto

Se detallan a continuación los costos mensuales administrativos considerando la implementación del proyecto. Para su ejecución serían necesarias las contrataciones de nuevos coordinadores para el laboratorio de análisis genéticos y para el laboratorio de DH, guardias para el nuevo edificio y los costos de arriendo de un nuevo terreno (**Tabla 5.9**).

Tabla 5.9 Costos fijos administrativos mensuales del con proyecto.

Cantidad	Cargo	Mensual	Total Mensual
1	Gerente General	\$3.500.000	\$3.500.000
1	Gerente Comercial	\$2.500.000	\$2.500.000
1	Gerente Finanzas	\$2.500.000	\$2.500.000
1	Jefe de Operaciones Laboratorio	\$2.500.000	\$2.500.000
1	Coordinador Operaciones	\$2.000.000	\$2.000.000
2	Coordinador Análisis Genéticos	\$2.000.000	\$4.000.000
1	Coordinador Análisis DH	\$2.000.000	\$2.000.000
1	Planner	\$1.500.000	\$1.500.000
1	Robótica	\$1.500.000	\$1.500.000
1	Informática	\$1.500.000	\$1.500.000
1	Contador	\$1.500.000	\$1.500.000
2	Recursos Humanos	\$1.500.000	\$3.000.000
1	HSE	\$1.000.000	\$1.000.000
5	Guardia	\$700.000	\$3.500.000
2	Arriendo	\$2.000.000	\$4.000.000
Total Costos Fijos Administrativos			\$36.500.000

Cuadro Comparativo Costos Fijos Administrativos		
Sin Proyecto	Con Proyecto	Diferencia
\$29.800.000	\$36.500.000	\$6.700.000

En el cuadro comparativo se observa que la implementación del proyecto significaría **\$6,7 millones de CLP** mensuales adicionales para la firma.

Finalmente, también para el con proyecto se consideró el costo fijo total como la suma de los costos fijos operativos y los administrativos. Para esto fueron sumados los valores antes calculados, dando un total de **\$61 millones de CLP** mensuales:

Total Costos Fijos Operativos con proyecto	\$25.025.000
Total Costos Fijos Administrativos con proyecto	\$36.500.000
Total Costos Fijos con proyecto	\$61.525.000

La diferencia final en costos fijos totales al implementar el proyecto correspondería entonces a **\$15,6 millones de CLP** mensuales:

Cuadro Comparativo del Total Costos Fijos		
Sin Proyecto	Con Proyecto	Diferencia
\$45.866.667	\$61.525.000	\$15.658.333

5.6 MODELOS DE COSTOS VARIABLES CON PROYECTO

5.6.1 Costos Variables por Facility en el con Proyecto

Se desarrolló una tabla con todos los costos variables asociados a cada una de las facilities. Con estos valores se determinó el costo de procesar una placa en cada una de las etapas, ahora considerando el proyecto (**Tabla 5.10**). Inicialmente para el proceso SG1 se calculó un costo variable de **\$12.083** por placa, mientras que en el caso de los procesos DH+SG2 sería de **\$15.226**.

Visto en detalle, se pueden concluir tres puntos principales de este nuevo análisis:

a) Del estudio sin proyecto se determinó que para la fase **SG1** el costo variable total por placa es de **\$12.083 CLP**, considerando a las estaciones de **1M a 15M**, donde en la facility 12A se ve el mayor costo por placa producida (\$9.600 CLP), correspondiente al reactivo químico “Mix de reacción”.

b) Para realizar un tratamiento **DH**, se estima un costo variable total por placa de **\$3.517 CLP**, lo que considera el paso de las muestras por las estaciones **16M a 23A**, donde en la estación 20M se ve el mayor costo por placa producida (\$2.200 CLP), correspondiente al reactivo químico “Colchicina”. El costo por placa DH corresponde al 29% del costo por placa de SG1, esto no sólo por ser menos estaciones de proceso, sino además porque los insumos utilizados (EE, H₂O desionizada, medios de cultivo, tierra, etc.) son de menor costo en general.

c) Para realizar un análisis **SG2**, se estima un costo variable total por placa de **\$11.709 CLP**, lo que considera el paso de las muestras por las estaciones **3M** y luego **5M a 15M**, donde al igual que en SG1 la facility 12A se ve el mayor costo por placa producida (\$9.600 CLP).

Tabla 5.10 Costos variables por placa de insumos consumidos en cada estación de los procesos DH (16M a 23A) y SG2 (3M a 15M).

	Facility	Insumos Variables	Consumo por Placa	Unidad	Precio Unitario	Total
3M	Adición de Beads	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
		Beads	384,00	Unidades	\$1	\$384,0
		Tapas de Goma	1,00	Unidades	\$50	\$50,0
5A	Molienda	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
6A	Lisis Celular	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
		Solución Detergente	38,40	mL	\$8	\$307,2
7A	Centrifugado I	EE	0,09	kWh	\$120	\$10,8
8A	Rescate de Sobrenadante	EE	0,08	kWh	\$120	\$9,2
		Placas	1,00	Unidades	\$240	\$240,0
9A	Adición EtOH	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
		Etanol	57,60	mL	\$2	\$126,7
10A	Centrifugado II	EE	0,09	kWh	\$120	\$10,8
11A	Secado de ADN	EE	0,00	kWh	\$120	\$0,5
		H ₂ O Des-Ionizada	19,20	mL	\$1	\$23,0
12A	Mezcla de Reacción	EE	0,08	kWh	\$120	\$9,2
		Partidores	0,10	mL	\$7.000	\$672,0
		Mix	0,48	mL	\$20.000	\$9.600,0
		Cinta	1,00	Unidades	\$150	\$150,0
		Film Adhesivo	1,00	Unidades	\$1	\$0,5
13A	Termociclado	EE	0,10	kWh	\$120	\$12,4
		H ₂ O Des-Ionizada	78,13	mL	\$1	\$93,8
14A	Lectura de Fluorescencia	EE	0,03	kWh	\$120	\$3,3
15M	Análisis Genético	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
16M	Muestreo/Etiquetado	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
		Etiquetas	1,00	Unidades	\$10	\$10,0
17M	Selección de Haploides	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
		H ₂ O Des-Ionizada	150,00	mL	\$1	\$180,0
		Placas de Petri	1,00	Unidades	\$280	\$280,0
18M	Separación Embriones	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
19M	Rescate de Embriones	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
		Medio de Cultivo	1,00	Unidades	\$450	\$450,0
20M	Tratamiento con Colchicina	EE	0,08	kWh	\$120	\$9,2
		Mallas	1,00	Unidades	\$1	\$1,0
		Colchicina	10,00	mg	\$220	\$2.200
21M	Recuperación de Plantas	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
		Potes	1,00	Unidades	\$30	\$30,0
		Tierra para Cultivos	0,30	Kilos	\$240	\$72,0
22M	Sampling	EE	0,01	kWh	\$120	\$1,2
		Placas T	1,00	Unidades	\$260	\$260,0
23A	Liofilizado	EE	0,15	kWh	\$120	\$18,0
Costo Variable Total de Producción de una Placa de Tratamiento DH					\$3.517 CLP	
Costo Variable Total de Producción de una Placa de Hojas (SG2)					\$11.709 CLP	

5.6.2 Modelo de Costos Variables por Partidas del Proyecto

A las 9 partidas de costos antes descritas en la sección 5.3.2, se agregaron para el proyecto dos nuevas correspondientes a la partida 10 (Colchicina) y partida 11 (Medio de Cultivo). Adicionalmente, a la partida antes llamada “Otros” ahora se le agregaron nuevos insumos tales como mallas, potes y tierra de cultivo.

Por lo tanto, 12 partidas de costos fueron definidas en total para abarcar los insumos del proceso DH/SG2, el cual utilizaría insumos de casi todas las partidas originalmente descritas, con la excepción de la número 8 (Solución de NaOH), puesto los nuevos procesos no requerirían de estos reactivos. En la **Tabla 5.11** se observa que para placas de hojas procesadas a través de las líneas de DH/SG2, el costo por unidad trabajada sería de **\$15.226 CLP**. Para efectos de simplificar el análisis, para el resto del estudio se consideraron los procesos de DH y SG2 como si fueran una única línea unida, puesto que entre ambos la relación de placas procesadas siempre se mantiene como 1:1.

5.6.3 Momento Mensual con Proyecto

La construcción del momento mensual para la situación con proyecto fue desarrollada con la misma estructura antes descrita en el sin proyecto. Sin embargo, bajo este nuevo escenario no se cuenta con valores históricos para la totalidad de los datos (puesto la empresa no ha implementado antes una estación DH), por lo cual es necesario aplicar estimaciones según la demanda previamente determinada.

Inicialmente, para el cálculo de los costos variables de placas procesadas en SG1 se utilizaron los datos históricos de la empresa durante el año 2013 (**Tabla 2.1**). Sobre esto, para los cálculos de costos variables para los procesos de DH y SG2 se utilizaron los siguientes supuestos respecto al histórico:

- Durante el año 2013 se determinó que al 60% de los estudios del tipo SG1 posteriormente se les realizó tratamientos de doble haploidía con empresas terceras. Inicialmente, se considerará este valor como el foco de demanda DH que se busca capturar con el proyecto.
- Se realizó una encuesta a este grupo de clientes, determinando que la mitad de ellos (por lo tanto, el 30% de la demanda total), está interesado en poder continuar los análisis DH y SG2 dentro de la firma, puesto les significa una solución logística considerable (**Tabla 2.4**).
- Como se determinó en la sección 2.1.6, el precio de entrada al mercado a fijar por tratamiento DH sería de \$25.200 CLP, mientras que el análisis SG2 seguiría con el mismo precio que el de SG1 (\$60.000 CLP).

Considerando estos tres supuestos fue construida la **Tabla 5.12**, donde son detallados los costos variables respectivos a las demandas DH y SG2. Para el caso de SG1, los valores vendrían a ser los mismos estimados en la **Tabla 5.6**.

Tabla 5.11 Modelo de Costos Variables por partidas del proyecto.

F	12A	20M	8A, 17M, 22M	12A	19M	3M	6A	11A, 13A, 17M	12A	9A	De 3M a 23A	
Q	Partida 1	Partida 10	Partida 3	Partida 2	Partida 11	Partida 4	Partida 5	Partida 9	Partida 6	Partida 7	Otros	Total
	Mix	Colchicina	Placas	Partidores	Medio de Cultivo	Beads	Solución Detergente	H ₂ O Des-ionizada	Cinta	Etanol	Film Adh., Etiquetas, EE, Tapas, Mallas, Potes, Tierra	
1	\$9.600,0	\$2.200,0	\$780,0	\$672,0	\$450,0	\$384,0	\$307,2	\$296,8	\$150,0	\$126,7	\$259,7	\$15.226,4
2	\$19.200,0	\$4.400,0	\$1.560,0	\$1.344,0	\$900,0	\$768,0	\$614,4	\$593,6	\$300,0	\$253,4	\$519,5	\$30.452,9
3	\$28.800,0	\$6.600,0	\$2.340,0	\$2.016,0	\$1.350,0	\$1.152,0	\$921,6	\$890,4	\$450,0	\$380,2	\$779,2	\$45.679,3
4	\$38.400,0	\$8.800,0	\$3.120,0	\$2.688,0	\$1.800,0	\$1.536,0	\$1.228,8	\$1.187,2	\$600,0	\$506,9	\$1.038,9	\$60.905,8
5	\$48.000,0	\$11.000,0	\$3.900,0	\$3.360,0	\$2.250,0	\$1.920,0	\$1.536,0	\$1.484,0	\$750,0	\$633,6	\$1.298,7	\$76.132,2

Nota: El orden de las partidas está de acuerdo al costo de los insumos de forma descendente. Se ejemplifican los costos para la producción de las 5 primeras unidades tratadas por DH/SG2.

Adicionalmente, se graficaron los costos variables asociados a la producción por placa en DH/SG2 (Figura 5.2), éstos se disparan al producir la **placa número 105**, donde se requiere una inversión en la facility de Separación de Embriones. Tanto los costos marginales como costos medios se mantienen constantes en **\$15.226,4 CLP** puesto no habrían economías de escala ni costes de arranque.

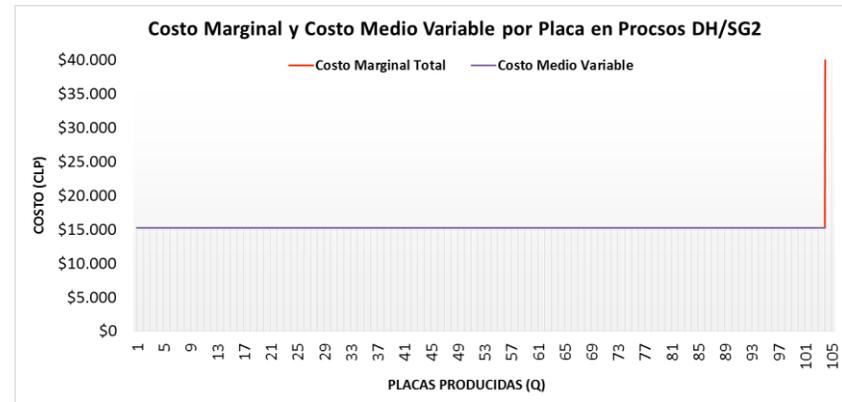
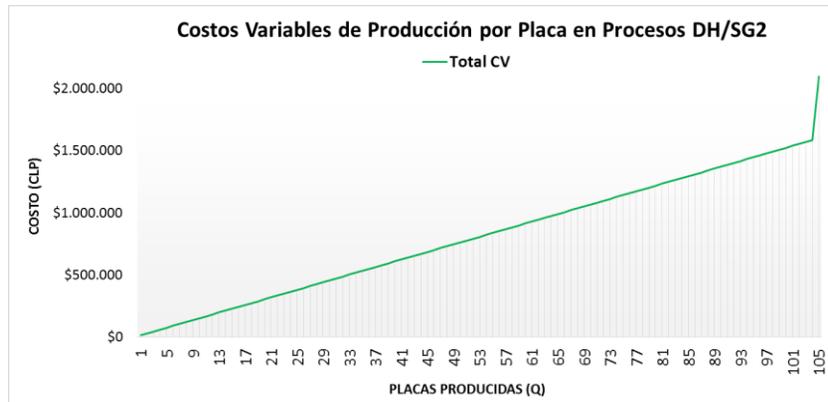


Figura 5.2 Costos Variables, Medio y Marginal calculados para la producción de placas a través de DH/SG2.

Nota: En los gráficos se muestra el costo desde el procesamiento de una placa hasta la número 105, donde se requiere una inversión en nuevos equipos.

Tabla 5.12 Momento Mensual *con* proyecto.

Demanda de Placas Estimada:			Estimación de la Producción de Análisis SG2 (Placas de Hojas) Basado en Histórico de Demanda SG1 2013											
			319	342	301	341	302	374	361	324	336	389	434	541
F	Insumos	Costo/Placa	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3M	EE	\$1,2	\$375	\$401	\$353	\$400	\$354	\$439	\$424	\$380	\$394	\$457	\$509	\$635
	Beads	\$384,0	\$122.672	\$131.222	\$115.471	\$130.846	\$115.810	\$143.599	\$138.782	\$124.369	\$129.073	\$149.530	\$166.729	\$207.728
	Tapas	\$50,0	\$15.973	\$17.086	\$15.035	\$17.037	\$15.079	\$18.698	\$18.071	\$16.194	\$16.806	\$19.470	\$21.710	\$27.048
5A	EE	\$1,2	\$375	\$401	\$353	\$400	\$354	\$439	\$424	\$380	\$394	\$457	\$509	\$635
6A	EE	\$1,2	\$375	\$401	\$353	\$400	\$354	\$439	\$424	\$380	\$394	\$457	\$509	\$635
	Sol. Det.	\$307,2	\$98.138	\$104.978	\$92.377	\$104.676	\$92.648	\$114.879	\$111.026	\$99.495	\$103.259	\$119.624	\$133.383	\$166.183
7A	EE	\$10,8	\$3.450	\$3.691	\$3.248	\$3.680	\$3.257	\$4.039	\$3.903	\$3.498	\$3.630	\$4.206	\$4.689	\$5.842
8A	EE	\$9,2	\$2.939	\$3.144	\$2.766	\$3.135	\$2.775	\$3.440	\$3.325	\$2.980	\$3.092	\$3.582	\$3.995	\$4.977
	Placas	\$240,0	\$76.670	\$82.014	\$72.170	\$81.779	\$72.381	\$89.750	\$86.739	\$77.731	\$80.671	\$93.456	\$104.206	\$129.830
9A	EE	\$1,2	\$375	\$401	\$353	\$400	\$354	\$439	\$424	\$380	\$394	\$457	\$509	\$635
	Etanol	\$126,7	\$40.482	\$43.303	\$38.105	\$43.179	\$38.217	\$47.388	\$45.798	\$41.042	\$42.594	\$49.345	\$55.021	\$68.550
10A	EE	\$10,8	\$3.450	\$3.691	\$3.248	\$3.680	\$3.257	\$4.039	\$3.903	\$3.498	\$3.630	\$4.206	\$4.689	\$5.842
11A	EE	\$0,5	\$145	\$155	\$136	\$154	\$136	\$169	\$164	\$147	\$152	\$176	\$196	\$245
	H2Oa	\$23,0	\$7.360	\$7.873	\$6.928	\$7.851	\$6.949	\$8.616	\$8.327	\$7.462	\$7.744	\$8.972	\$10.004	\$12.464
12A	EE	\$9,2	\$2.939	\$3.144	\$2.766	\$3.135	\$2.775	\$3.440	\$3.325	\$2.980	\$3.092	\$3.582	\$3.995	\$4.977
	Partidores	\$672,0	\$214.677	\$229.639	\$202.075	\$228.980	\$202.667	\$251.299	\$242.869	\$217.646	\$225.878	\$261.677	\$291.776	\$363.525
	Mix	\$9.600,0	\$3.066.810	\$3.280.560	\$2.886.780	\$3.271.140	\$2.895.240	\$3.589.980	\$3.469.560	\$3.109.230	\$3.226.830	\$3.738.240	\$4.168.230	\$5.193.210
	Cinta	\$150,0	\$47.919	\$51.259	\$45.106	\$51.112	\$45.238	\$56.093	\$54.212	\$48.582	\$50.419	\$58.410	\$65.129	\$81.144
	Film Adh.	\$0,5	\$160	\$171	\$150	\$170	\$151	\$187	\$181	\$162	\$168	\$195	\$217	\$270
13A	EE	\$12,4	\$3.953	\$4.229	\$3.721	\$4.217	\$3.732	\$4.628	\$4.472	\$4.008	\$4.160	\$4.819	\$5.373	\$6.694
	H2O	\$93,8	\$29.949	\$32.037	\$28.191	\$31.945	\$28.274	\$35.058	\$33.882	\$30.364	\$31.512	\$36.506	\$40.705	\$50.715
14A	EE	\$3,3	\$1.054	\$1.128	\$992	\$1.124	\$995	\$1.234	\$1.193	\$1.069	\$1.109	\$1.285	\$1.433	\$1.785
15M	EE	\$1,2	\$375	\$401	\$353	\$400	\$354	\$439	\$424	\$380	\$394	\$457	\$509	\$635

Nota: Se tabularon todos los costos variables asociados al proceso SG2, utilizando una estimación de la demanda respecto a la histórica de análisis SG1 en el año 2013.

Tabla 5.12 (continuación). Momento Mensual con proyecto.

Demanda de Tratamientos Estimados:			Estimación de la Producción de Tratamientos DH Basado en Histórico de Demanda SG1 2013											
			319	342	301	341	302	374	361	324	336	389	434	541
F	Insumos Variables	Costo/Placa	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
16M	EE	\$1,2	\$375	\$401	\$353	\$400	\$354	\$439	\$424	\$380	\$394	\$457	\$509	\$635
	Etiquetas	\$10,0	\$3.195	\$3.417	\$3.007	\$3.407	\$3.016	\$3.740	\$3.614	\$3.239	\$3.361	\$3.894	\$4.342	\$5.410
17M	EE	\$1,2	\$375	\$401	\$353	\$400	\$354	\$439	\$424	\$380	\$394	\$457	\$509	\$635
	H2O Des-Ionizada	\$180,0	\$57.503	\$61.511	\$54.127	\$61.334	\$54.286	\$67.312	\$65.054	\$58.298	\$60.503	\$70.092	\$78.154	\$97.373
	Placas de Petri	\$280,0	\$89.449	\$95.683	\$84.198	\$95.408	\$84.445	\$104.708	\$101.196	\$90.686	\$94.116	\$109.032	\$121.573	\$151.469
18M	EE	\$1,2	\$375	\$401	\$353	\$400	\$354	\$439	\$424	\$380	\$394	\$457	\$509	\$635
19M	EE	\$1,2	\$375	\$401	\$353	\$400	\$354	\$439	\$424	\$380	\$394	\$457	\$509	\$635
	Medio de Cultivo	\$450,0	\$143.757	\$153.776	\$135.318	\$153.335	\$135.714	\$168.280	\$162.636	\$145.745	\$151.258	\$175.230	\$195.386	\$243.432
20M	EE	\$9,2	\$2.939	\$3.144	\$2.766	\$3.135	\$2.775	\$3.440	\$3.325	\$2.980	\$3.092	\$3.582	\$3.995	\$4.977
	Mallas	\$1,0	\$319	\$342	\$301	\$341	\$302	\$374	\$361	\$324	\$336	\$389	\$434	\$541
	Colchicina	\$2.200,0	\$702.811	\$751.795	\$661.554	\$749.636	\$663.493	\$822.704	\$795.108	\$712.532	\$739.482	\$856.680	\$955.219	\$1.190.111
21M	EE	\$1,2	\$375	\$401	\$353	\$400	\$354	\$439	\$424	\$380	\$394	\$457	\$509	\$635
	Potes	\$30,0	\$9.584	\$10.252	\$9.021	\$10.222	\$9.048	\$11.219	\$10.842	\$9.716	\$10.084	\$11.682	\$13.026	\$16.229
	Tierra para Cultivos	\$72,0	\$23.001	\$24.604	\$21.651	\$24.534	\$21.714	\$26.925	\$26.022	\$23.319	\$24.201	\$28.037	\$31.262	\$38.949
22M	EE	\$1,2	\$375	\$401	\$353	\$400	\$354	\$439	\$424	\$380	\$394	\$457	\$509	\$635
	Placas T	\$260,0	\$83.059	\$88.849	\$78.184	\$88.593	\$78.413	\$97.229	\$93.967	\$84.208	\$87.393	\$101.244	\$112.890	\$140.649
23A	EE	\$18,0	\$5.750	\$6.151	\$5.413	\$6.133	\$5.429	\$6.731	\$6.505	\$5.830	\$6.050	\$7.009	\$7.815	\$9.737

Nota: Se tabularon todos los costos variables asociados al proceso DH, utilizando una estimación de la demanda respecto a la histórica de análisis SG1 en el año 2013.

Tabla 5.12 (continuación). Resumen de la producción histórica de placas SG1 durante el año 2013.

Producción de Análisis SG1 2013 y su Estimación para SG2 y DH												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Placas Producidas SG1	1.065	1.139	1.002	1.136	1.005	1.247	1.205	1.080	1.120	1.298	1.447	1.803
Placas Producidas SG2	319	342	301	341	302	374	361	324	336	389	434	541
Placas Producidas DH	319	342	301	341	302	374	361	324	336	389	434	541
Precio Venta Placa SG1	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000
Precio Venta Placa SG2	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000	\$60.000
Precio Venta Placa DH	\$25.200	\$25.200	\$25.200	\$25.200	\$25.200	\$25.200	\$25.200	\$25.200	\$25.200	\$25.200	\$25.200	\$25.200
Ingresos por Venta	91.109.814	97.459.970	85.761.423	97.180.118	86.012.755	106.652.323	103.074.845	92.370.041	95.863.741	111.056.880	123.831.166	154.281.614
TOTAL MENSUAL COSTOS VARIABLES PLACAS SG1	\$12.866.465	\$13.763.230	\$12.111.169	\$13.723.709	\$12.146.662	\$15.061.367	\$14.556.158	\$13.044.433	\$13.537.811	\$15.683.376	\$17.487.352	\$21.787.543
TOTAL MENSUAL COSTOS VARIABLES PLACAS SG2	\$3.740.615	\$4.001.328	\$3.521.031	\$3.989.838	\$3.531.350	\$4.378.730	\$4.231.853	\$3.792.355	\$3.935.793	\$4.559.564	\$5.084.027	\$6.334.204
TOTAL MENSUAL COSTOS VARIABLES DH	\$1.123.615	\$1.201.929	\$1.057.656	\$1.198.478	\$1.060.756	\$1.315.294	\$1.271.175	\$1.139.157	\$1.182.243	\$1.369.613	\$1.527.153	\$1.902.684
TOTAL MENSUAL COSTOS FIJOS	\$61.525.000	\$61.525.000	\$61.525.000	\$61.525.000	\$61.525.000	\$61.525.000	\$61.525.000	\$61.525.000	\$61.525.000	\$61.525.000	\$61.525.000	\$61.525.000
COSTO TOTAL MENSUAL	\$79.255.695	\$80.491.486	\$78.214.856	\$80.437.025	\$78.263.767	\$82.280.391	\$81.584.186	\$79.500.946	\$80.180.847	\$83.137.553	\$85.623.531	\$91.549.431
UTILIDADES	\$11.854.118	\$16.968.484	\$7.546.567	\$16.743.093	\$7.748.988	\$24.371.931	\$21.490.659	\$12.869.096	\$15.682.894	\$27.919.327	\$38.207.635	\$62.732.183

	ANUAL 2013
TOTAL DE COSTOS VARIABLES PARA PLACAS SG1	\$175.769.276
TOTAL DE COSTOS VARIABLES PARA PLACAS SG2	\$51.100.687
TOTAL DE COSTOS VARIABLES PARA TRATAMIENTOS DH	\$15.349.752
TOTAL COSTOS FIJOS	\$738.300.000
COSTO TOTAL	\$980.519.715
INGRESOS POR VENTAS	\$1.244.654.689
UTILIDADES	\$264.134.974 CLP

Nota: Se incluye la respectiva estimación para la demanda de placas SG2 y tratamientos DH. Al final de la tabla fueron calculados los costos totales de producción y las utilidades generadas respecto a los ingresos.

Se construyó un resumen anual al final de la **Tabla 5.12**, donde se tabulan los costos variables totales para cada línea de producción, sumados a los costos totales fijos. Considerando que ese año se analizaron 14.547 placas del tipo SG1, se estima que se recibirían 4.364 placas del tipo SG2 y 4.364 tratamientos DH (30% correspondiente a clientes declarados como interesados).

Se calcula que el ingreso total por ventas sería de **\$1.224 millones de CLP**, con un costo total de **\$980 millones de CLP**. Por lo tanto, en este supuesto con proyecto la diferencia entre ingresos y costos nos da una utilidad neta de **\$264 millones de CLP** para el año base 2013.

5.7 CONCLUSIONES COMPARACIÓN MOMENTO MENSUAL CON/SIN PROYECTO

Como cierre al capítulo de construcción del modelo de simulación de costos, se creó un cuadro comparativo (**Tabla 5.13**) donde quedan resumidos los costos e ingresos vistos en el sin proyecto y los esperados para el con proyecto. Para ambos casos se utilizó como punto de referencia los datos históricos de demanda observados el año 2013.

Tabla 5.13 Cuadro comparativo de la situación actual en el *sin* proyecto versus costos e ingresos esperados en el *con* proyecto.

	Anual <i>sin</i> Proyecto	Anual <i>con</i> Proyecto
TOTAL COSTOS VARIABLES PLACA SG1	\$175.769.276	\$175.769.276
TOTAL COSTOS VARIABLES PLACA SG2	NA	\$51.100.687
TOTAL COSTOS VARIABLES TRATAMIENTO DH	NA	\$15.349.752
TOTAL COSTOS VARIABLES	\$175.769.276	\$242.219.714
TOTAL COSTOS FIJOS	\$550.400.000	\$738.300.000
COSTO TOTAL	\$726.169.276	\$980.519.715
INGRESOS POR VENTAS	\$872.829.375	\$1.244.654.689
UTILIDADES	\$146.660.099	\$264.134.974

Al comparar el Momento Mensual basado en los datos observados el 2013 con cómo sería su situación con proyecto, se esperaría:

Un aumento en los costos totales de **\$254.350.439**, principalmente debido al uso de nuevos insumos, pagos de nuevos arriendos y contrataciones adicionales.

Un aumento en los ingresos por ventas de **\$371.825.314**, debido al incremento de la demanda acaparada al diversificar los productos ofrecidos.

Finalmente, un aumento en las utilidades de **\$117.474.875** con respecto al sin proyecto, valor que será desglosado en el siguiente capítulo, correspondiente al análisis y proyección de los estados financieros de la firma.

CAPÍTULO 6 . MODELO DE SIMULACIÓN FINANCIERA

En este capítulo se construirán los EERR, Balances y Flujos de la compañía proyectados desde el año 2014 hacia el 2020. Para esto se estudiará en paralelo simulaciones financieras para la situación sin proyecto (**Sección 6.1**), y luego para la situación con proyecto (**Sección 6.2**).

Al final del capítulo se realizará un comparativo entre ambas situaciones (**Sección 6.3**), tomando como punto de referencia el valor CAPM, el índice WACC y el valor final de la firma (VAN), al proyectar su situación con y sin proyecto hacia el año 2020.

6.1 SIMULACIÓN FINANCIERA EN EL SIN PROYECTO

6.1.1 Estado de Resultados en el *sin* Proyecto

Para la determinación de los índices financieros obtenidos en este trabajo, fue necesario establecer ratios y supuestos calculados en base a los Estados de Resultados globales de la compañía (**Tabla 6.1**). Al decir *estados globales* se hace referencia a los estados obtenidos debido a los ejercicios realizados por las dos principales unidades de negocio de la firma: La unidad de **R&D** (estudiada en esta tesis) y la unidad de **Agroquímicos** (no estudiada en esta tesis). Por este motivo, debido a que los estados globales publicados en la bolsa de New York contienen información referente a ambas unidades de negocios (siendo la unidad de Agroquímicos la mayor), es necesaria la extrapolación de esta información como ratios según se describe a continuación.

Tabla 6.1 Ratios y supuestos utilizados para la generación de los Estados Financieros *sin* proyecto.

Ratios y Supuestos en el <i>sin</i> Proyecto	
Crecimiento de Ventas por Año	3,74%
Factor de Crecimiento Anual de Personal	2,16%
Factor de Crecimiento Anual Activos Fijos	3,18%
Factor de Crecimiento Anual Depreciación	3,98%
C x C / Ingresos por Venta	28%
C x P / Ingresos por Venta	23%
Capital Inicial	\$3.600.000.000
Costos Operacionales / Ingresos por Venta	20%
Dividendos	70%
Crecimiento a Perpetuidad	3,74%
Rf (BCP)	4,20%
Rm (IGPA)	10,00%
Tasa sobre la deuda	12%
Impuesto	25%
% Patrimonio / Deuda	100%
% Deuda / Patrimonio	0%
Precio Venta Placa SG1	\$60.000

Descripción de los ratios y supuestos (sin proyecto):

- **Crecimiento de Ventas por Año:** Proyección de la demanda desde el año 2014 al 2020, según fue determinado en el **CAPÍTULO 2**.
- **Factor de Crecimiento Anual de Personal y Factor de Crecimiento de los Activos Fijos:** Factor obtenido del EERR Global de la compañía (en la bolsa de valores de New York), calculado como el ratio de crecimiento visto en los años 2010 al 2013 respecto a los ingresos por ventas.
- **Factor de Crecimiento Anual de Depreciación:** Factor obtenido del EERR Global de la compañía, calculado como el ratio de depreciación/activos fijos visto en los años 2010 al 2013.
- **Cuentas por Cobrar (C x C) / Ingresos por Venta:** Obtenido como el promedio de las C x C del EERR Global de la compañía, visto en los años 2010 al 2013.
- **Cuentas por Pagar (C x P) / Ingresos por Venta:** Obtenido como el promedio de las C x P del EERR Global de la compañía, visto en los años 2010 al 2013.
- **Capital Inicial:** Obtenido directamente desde los Estados Financieros publicados en la bolsa de New York.
- **IGPA:** Retorno de mercado considerando un horizonte de 30 años.

Una vez definidos los ratios y supuestos, se procedió a determinar el valor del índice beta para la empresa. Para esto, se utilizó como método la relación entre la covarianza del rendimiento de la empresa y del mercado, dividido por la varianza del mercado:

$$\text{Beta} = \frac{\text{COV (Mercado, Empresa)}}{\text{VAR (Mercado)}}$$

El rendimiento de la empresa se calculó utilizando el valor de las acciones de ésta en un periodo de 10 años. El rendimiento del mercado se calculó utilizando el valor IGPA en el mismo periodo de tiempo.

De esta forma, se determinó el rendimiento promedio de las acciones de las empresa (**Emp**) y el rendimiento promedio del IGPA del mercado (**Mer**). Posteriormente se calculó la variabilidad de estos datos y su desviación estándar:

PromEmp	0,01
VAREmp	0,01
DesvEstEmp	0,07

PromMer	0,01
VARMer	0,00
DesvEstMer	0,05

Finalmente, fue obtenida la covariancia entre el mercado y la empresa, para luego determinar el valor Beta:

COV(Mer/Syn)	0,001
Beta	0,55

El Beta obtenido fue de 0,55, por lo tanto, se asume que la sensibilidad de la empresa frente a las fluctuaciones de mercado carácter defensivo, presentando una menor variabilidad que el índice de referencia.

A continuación, se calculó la tasa de descuento requerida por los accionistas (CAPM), tras lo cual se determinará la tasa de descuento promedio ponderada WACC, tanto para las situaciones de la firma sin y con proyecto. El costo de capital CAPM para el sin proyecto fue obtenida según la siguiente fórmula:

$$CAPM = R_f + \beta (R_m - R_f)$$

Siendo las variables:

R_f = Corresponde a la Tasa Libre de Riesgo. Para este caso se consideró como el valor BCP (Bonos del Banco Central) de **4,2%**.

R_m = Riesgo de mercado (sistemático o no diversificable). En este caso se tomaron las variaciones históricas del IGPA de la bolsa de Santiago en 30 años, correspondiente a un **10%**.

El valor CAPM (Capital Asset Pricing Model), es un modelo que determina la tasa de rentabilidad teóricamente requerida (dados los riesgos presentes en la industria y el mercado), para realizar el descuento de los flujos de caja proyectados a futuro de una compañía. En esta evaluación, dado el enunciado la rentabilidad requerida para la firma en el sin proyecto correspondería a:

R _f (BCP)	4,20%
R _m (IGPA)	10,0%
Beta (Bolsa de valores NY)	0,55
CAPM	7,38%

El valor CAPM obtenido corresponde a una tasa nominal, cuyo valor para ser traspasado a una tasa real se considerará una inflación futura del **3%**, con lo cual el valor CAPM final queda determinado como:

CAPM	4,38%
-------------	--------------

Una vez obtenida la tasa de descuento, es posible determinar el valor del índice WACC, por medio de la siguiente expresión:

$$WACC = CAPM \cdot \frac{\text{Patrimonio}}{(\text{Patrimonio} + \text{Deuda})} + \text{Tasa Deuda} \cdot \frac{\text{Deuda}}{(\text{Patrimonio} + \text{Deuda})} \cdot (1 - \text{Impuesto})$$

El índice WACC refleja una combinación del costo capital que ha sido aportado y el costo de deuda de la firma. El primero, es el rendimiento exigido por los accionistas para compensar la inversión realizada, por lo tanto, si su capital permanece invertido en la firma y no en otros proyectos, el rendimiento debiese compensar dicho riesgo. El segundo (costo de deuda), corresponde a la tasa de interés que la firma paga sobre las deudas que ésta haya adquirido a largo plazo, que al igual que en el con proyecto ésta sería de un 12% según se determinó en los ratios iniciales (aunque en esta oportunidad sin proyecto no se considera deuda).

Considerando los valores declarados en la **Tabla 6.1** junto con el valor CAPM obtenido, el valor WACC calculado para la firma en el sin proyecto corresponde entonces a:

CAPM	4,38%
Tasa sobre la deuda	12,0%
Impuesto	25,0%
% Patrimonio/Deuda	100%
% Deuda/Patrimonio	0%
WACC	4,38%

Es necesario destacar que en el sin proyecto se parte de la base que la unidad de negocio dedicada a investigación y desarrollo de la firma no tiene una deuda adquirida (partiría en cero), situación que cambiará al evaluar este indicador en el con proyecto.

Una vez determinados los supuestos, ratios e índices, se construyeron los **Estados de Resultados** de la firma en el sin proyecto (**Tabla 6.2**). La base de los cálculos fueron los datos históricos vistos para la firma en el año 2013, los cuales fueron proyectados desde el periodo 2014 hasta el 2020, determinado para el desarrollo del proyecto.

En negro aparecen los valores positivos dentro de los Estados de Resultados, y destacados en rojo los valores negativos. Al final de la tabla fue calculado el valor EBITDA, antes de la determinación de las utilidades de la firma en el periodo descrito.

Tabla 6.2 Estado de resultados *sin* proyecto, proyectado desde el año 2014 al 2020.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ingresos por Venta	\$905.487.555	\$939.367.688	\$974.515.496	\$1.010.978.410	\$1.048.805.637	\$1.088.048.224	\$1.128.759.130
Total Costos Variables	-\$182.345.939	-\$189.168.677	-\$196.246.698	-\$203.589.554	-\$211.207.153	-\$219.109.775	-\$227.308.086
Partida de Costo 1	-\$144.878.009	-\$150.298.830	-\$155.922.479	-\$161.756.546	-\$167.808.902	-\$174.087.716	-\$180.601.461
Partida de Costo 2	-\$10.141.461	-\$10.520.918	-\$10.914.574	-\$11.322.958	-\$11.746.623	-\$12.186.140	-\$12.642.102
Partida de Costo 3	-\$7.243.900	-\$7.514.942	-\$7.796.124	-\$8.087.827	-\$8.390.445	-\$8.704.386	-\$9.030.073
Partida de Costo 4	-\$5.795.120	-\$6.011.953	-\$6.236.899	-\$6.470.262	-\$6.712.356	-\$6.963.509	-\$7.224.058
Partida de Costo 5	-\$4.636.096	-\$4.809.563	-\$4.989.519	-\$5.176.209	-\$5.369.885	-\$5.570.807	-\$5.779.247
Partida de Costo 6	-\$2.263.719	-\$2.348.419	-\$2.436.289	-\$2.527.446	-\$2.622.014	-\$2.720.121	-\$2.821.898
Partida de Costo 7	-\$1.912.390	-\$1.983.945	-\$2.058.177	-\$2.135.186	-\$2.215.078	-\$2.297.958	-\$2.383.939
Partida de Costo 8	-\$1.810.975	-\$1.878.735	-\$1.949.031	-\$2.021.957	-\$2.097.611	-\$2.176.096	-\$2.257.518
Partida de Costo 9	-\$1.762.532	-\$1.828.479	-\$1.896.894	-\$1.967.869	-\$2.041.500	-\$2.117.886	-\$2.197.130
Otros	-\$1.901.737	-\$1.972.893	-\$2.046.712	-\$2.123.293	-\$2.202.739	-\$2.285.157	-\$2.370.660
Margen de Contribución	\$723.141.616	\$750.199.011	\$778.268.798	\$807.388.856	\$837.598.484	\$868.938.449	\$901.451.044
Total Costos Fijos	-\$558.126.953	-\$566.028.531	-\$574.108.748	-\$582.371.715	-\$590.821.640	-\$599.462.829	-\$608.299.690
Costos Fijos Operacionales							
Mantención	-\$24.349.516	-\$25.122.837	-\$25.920.717	-\$26.743.937	-\$27.593.302	-\$28.469.643	-\$29.373.815
Aseo	-\$7.355.631	-\$7.514.625	-\$7.677.056	-\$7.842.999	-\$8.012.528	-\$8.185.722	-\$8.362.659
Sueldo Operarios	-\$165.501.688	-\$169.079.066	-\$172.733.770	-\$176.467.472	-\$180.281.880	-\$184.178.737	-\$188.159.826
Costos Fijos Administrativos							
Gerente General	-\$42.000.000	-\$42.000.000	-\$42.000.000	-\$42.000.000	-\$42.000.000	-\$42.000.000	-\$42.000.000
Gerente Comercial	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000
Gerente Finanzas	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000
Jefe de Operaciones Lab.	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000
Coordinador Operaciones	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000
Coordinador Análisis G.	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000
Planner	-\$18.389.076	-\$18.786.563	-\$19.192.641	-\$19.607.497	-\$20.031.320	-\$20.464.304	-\$20.906.647
Robótica	-\$18.389.076	-\$18.786.563	-\$19.192.641	-\$19.607.497	-\$20.031.320	-\$20.464.304	-\$20.906.647
Informática	-\$18.389.076	-\$18.786.563	-\$19.192.641	-\$19.607.497	-\$20.031.320	-\$20.464.304	-\$20.906.647
Contador	-\$18.389.076	-\$18.786.563	-\$19.192.641	-\$19.607.497	-\$20.031.320	-\$20.464.304	-\$20.906.647
Recursos Humanos	-\$36.778.153	-\$37.573.126	-\$38.385.282	-\$39.214.994	-\$40.062.640	-\$40.928.608	-\$41.813.295
HSE	-\$12.259.384	-\$12.524.375	-\$12.795.094	-\$13.071.665	-\$13.354.213	-\$13.642.869	-\$13.937.765
Guardia	-\$34.326.276	-\$35.068.251	-\$35.826.263	-\$36.600.661	-\$37.391.797	-\$38.200.034	-\$39.025.742
Arriendo	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000
EBITDA	\$165.014.663	\$184.170.480	\$204.160.050	\$225.017.141	\$246.776.844	\$269.475.620	\$293.151.354
Intereses Deuda							
Depreciación	-\$3.385.292	-\$3.492.806	-\$3.603.735	-\$3.718.186	-\$3.836.273	-\$3.958.109	-\$4.083.816
Amortización	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Ut. Antes de Impuestos	\$161.629.371	\$180.677.674	\$200.556.315	\$221.298.955	\$242.940.571	\$265.517.510	\$289.067.538
Impuestos	-\$40.407.343	-\$45.169.419	-\$50.139.079	-\$55.324.739	-\$60.735.143	-\$66.379.378	-\$72.266.885
Ut. Después de Impuestos	\$121.222.028	\$135.508.256	\$150.417.236	\$165.974.216	\$182.205.428	\$199.138.133	\$216.800.654

Descripción de los Estados de Resultados *sin* proyecto:

- **Ingresos por Venta:** Corresponden a la proyección de los valores revisados en las secciones **2.1.2** y **2.1.3**, donde a partir de los datos históricos del año 2013 se realizó una estimación hacia el año 2020.
- **Costos Variables:** Detallado anualmente para cada una de las partidas de costos descritas en la sección **5.3.2**, según la producción proyectada hacia el año 2020. Las partidas están descritas desde la de mayor costo para la firma (Partida 1, Mix de Reacción), hasta la de menor costo (Partida Otros).
- **Costos Fijos:** Subdivididos en Costos Fijos Operacionales (aseo programado, mantenciones programadas y sueldo de los operarios de la planta), y Costos Fijos Administrativos (personal de gerencia, planificación, recursos humanos, guardias, entre otros), según fue descrito en la sección **5.2.2**, y acá presentado de forma anual. Para ambos casos, se consideró un incremento anual de un 2,16% para los cargos no correspondientes a gerencia, jefatura y coordinación, según fue determinado en la sección **6.1.1** (factor de crecimiento anual de personal), al igual que un incremento del 3,18% para los costos de mantenciones (asociado al factor de crecimiento anual de activos fijos).
- **Interés Deuda y Amortización:** Debido a que la firma dirige una unidad de negocios de Agroquímicos y una unidad de R&D (siendo la primera la unidad más desarrollada y responsable de los principales ingresos de la firma), no fue considerada la deuda actual de la firma publicada en la bolsa de valores, sino que se realizó el estudio considerando que la compañía comienza sus deudas desde cero en el *sin* proyecto.
- **EBITDA** (Earnings Before Interests, Taxes, Depreciation and Amortization): Corresponde al beneficio bruto total de la explotación antes de la deducción de los gastos financieros. Este valor permite ver las ganancias de la firma sin el efecto de elementos financieros como los intereses, elementos tributarios como impuestos, o elementos externos como la depreciación o recuperación de la inversión como la amortización.

En la situación *sin* proyecto, se espera que el indicador financiero EBITDA sea de \$165 millones de CLP durante el año 2014, con un crecimiento hasta \$293 millones de CLP proyectado para el año 2020. Para el caso de este estudio, bajo este indicador se determina que la firma en el *sin* proyecto es rentable, pero el que esto se mantenga dependerá de su gestión de los aspectos financieros y tributarios que **no** están considerados en el cálculo del EBITDA.

- **Utilidades Después de Impuestos:** Luego de descontada la depreciación (3,98% según factor determinado en los ratios y supuestos), fue descontado el impuesto a los ingresos de un 25%, obteniendo una utilidad de \$121 millones de CLP en el año 2014, con proyección a \$216 millones de CLP para el 2020.

6.1.2 Balance de la Empresa *sin Proyecto*

Se calculó el Balance de la firma en la situación sin proyecto (**Tabla 6.3**). Para la proyección de valores como las cuentas por cobrar, cuentas por pagar, depreciación, crecimiento de los activos fijos y dividendos se utilizaron los ratios descritos en la **Tabla 6.1**.

Tabla 6.3 Balance de la firma *sin proyecto*, periodo 2014 - 2020.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Activo Corriente							
Caja (Disponible)	\$3.512.543.276	\$3.552.409.915	\$3.596.715.362	\$3.645.652.608	\$3.699.422.454	\$3.758.233.821	\$3.822.304.066
Cuentas por Cobrar	\$254.861.276	\$264.397.281	\$274.290.090	\$284.553.052	\$295.200.019	\$306.245.356	\$317.703.972
Total Activo Circulante	\$3.767.404.553	\$3.816.807.196	\$3.871.005.452	\$3.930.205.660	\$3.994.622.472	\$4.064.479.178	\$4.140.008.038
Activo Fijo							
Activo Fijo	\$85.032.130	\$87.732.680	\$90.518.997	\$93.393.804	\$96.359.914	\$99.420.224	\$102.577.727
Depreciación	-\$3.385.292	-\$3.492.806	-\$3.603.735	-\$3.718.186	-\$3.836.273	-\$3.958.109	-\$4.083.816
Depreciación Acumulada	-\$3.385.292	-\$6.878.098	-\$10.481.832	-\$14.200.019	-\$18.036.291	-\$21.994.401	-\$26.078.216
Total Activo Fijo	\$81.646.839	\$80.854.582	\$80.037.164	\$79.193.786	\$78.323.622	\$77.425.823	\$76.499.511
TOTAL ACTIVOS	\$3.849.051.391	\$3.897.661.778	\$3.951.042.616	\$4.009.399.446	\$4.072.946.095	\$4.141.905.001	\$4.216.507.549
Pasivo Corriente							
Cuentas por Pagar	\$212.684.783	\$220.642.693	\$228.898.360	\$237.462.925	\$246.347.945	\$255.565.412	\$265.127.763
Pasivo Largo Plazo							
Deuda							
TOTAL PASIVOS	\$212.684.783	\$220.642.693	\$228.898.360	\$237.462.925	\$246.347.945	\$255.565.412	\$265.127.763
Patrimonio							
Capital Inicial	\$3.600.000.000	\$3.600.000.000	\$3.600.000.000	\$3.600.000.000	\$3.600.000.000	\$3.600.000.000	\$3.600.000.000
Utilidades Acumuladas	\$121.222.028	\$171.874.864	\$227.436.322	\$288.118.472	\$354.141.949	\$425.736.282	\$503.140.243
Dividendos	-\$84.855.420	-\$94.855.779	-\$105.292.065	-\$116.181.951	-\$127.543.800	-\$139.396.693	-\$151.760.458
TOTAL PATRIMONIO	\$3.636.366.608	\$3.677.019.085	\$3.722.144.256	\$3.771.936.521	\$3.826.598.149	\$3.886.339.589	\$3.951.379.785
TOTAL PASIVOS + PAT	\$3.849.051.391	\$3.897.661.778	\$3.951.042.616	\$4.009.399.446	\$4.072.946.095	\$4.141.905.001	\$4.216.507.549

Descripción del Balance (sin proyecto):

- **Caja:** Corresponde al efectivo disponible en caja, saldos en bancos y cartera de inversiones que posee la empresa.
- **Cuentas por Cobrar:** Cuenta asociada a deudores comerciales con la firma.
- **Activo Fijo:** Bienes de la empresa no convertibles en líquido en un corto plazo, correspondientes a inmobiliario y equipamientos para llevar a cabo la operación.
- **Depreciación:** Disminución del valor de los bienes de la firma, correspondiente al 3,98% promedio anual.
- **Cuentas por Pagar:** Obligaciones financieras de la firma con terceros a corto plazo, como proveedores, empresas transportistas, impuestos corrientes, entre otros.
- **Capital Inicial:** Dinero aportado por los inversionistas de la firma.
- **Dividendos:** Utilidad repartida entre los accionistas, correspondiente al 70% de las utilidades de la firma.

En la proyección del balance se refleja la situación en la que estaría la firma al continuar con sus actividades actuales, sin la implementación del proyecto de doble haploidía. Estos valores

serán comparados con la proyección obtenida al calcular la situación con proyecto. Los cálculos fueron determinados en base a los valores históricos de la empresa durante el año 2013, utilizando ratios asentados en la situación de la empresa global.

6.1.3 Flujo de Caja Libre *sin Proyecto*

Se proyectó el Flujo de Caja Libre de la empresa en el sin proyecto hasta el año 2020 y luego se determinó el valor a perpetuidad, dividiendo el último flujo por el índice WACC. El VAN de la empresa fue de **\$5.655 millones de CLP (Tabla 6.4)**, valor que se utilizará para comparar la situación actual de la compañía con la situación con proyecto.

Tabla 6.4 Flujo de Caja Libre *sin proyecto*, periodo 2014 - 2020.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Utilidad Después de Imp.	\$121.222.028	\$135.508.256	\$150.417.236	\$165.974.216	\$182.205.428	\$199.138.133	\$216.800.654
Depreciación	-\$3.385.292	-\$3.492.806	-\$3.603.735	-\$3.718.186	-\$3.836.273	-\$3.958.109	-\$4.083.816
Intereses por Deuda							
Variación Cap. Trabajo		\$1.578.095	\$1.637.142	\$1.698.398	\$1.761.946	\$1.827.871	\$1.896.264
Flujo de Caja	\$117.836.736	\$133.593.545	\$148.450.643	\$163.954.427	\$180.131.101	\$197.007.895	\$214.613.102
Valor Perpetuidad							\$4.899.810.408
Flujo de Caja Libre	\$117.836.736	\$133.593.545	\$148.450.643	\$163.954.427	\$180.131.101	\$197.007.895	\$5.114.423.510

Valor Actual FCF	\$960.847.714
Valor a Perpetuidad	\$4.694.202.970
Valor de la firma (VAN) <i>sin Proyecto</i>	\$5.655.050.685

Descripción de los Flujos (sin proyecto):

- **Utilidad Después de Impuestos:** Resultado anual del ejercicio descontando impuestos de un 25%.
- **Variación de Capital de Trabajo:** Variaciones anuales entre la diferencia de activos circulantes y cuentas por pagar.
- **Flujo de Caja:** Diferencia entre las entradas y salidas de flujos de efectivo anual de la firma.
- **Valor a Perpetuidad:** Como se espera que el proyecto siga operando pasado los siete años proyectados, es necesario calcular el valor a perpetuidad de la firma. Para este cálculo se supondrá una tasa de crecimiento de los flujos igual a cero, con lo que el Valor a Perpetuidad quedará determinado por el cociente entre el flujo del último año (2020) por el valor del índice WACC.

Al final de la tabla se observa que el Valor a Perpetuidad de la firma correspondería a \$4.649 millones de CLP, considerando que la empresa se mantendría con un crecimiento fijo. Tanto este valor a perpetuidad como los Flujos de Caja fueron traídos a valor presente en el cuadro de resumen final, para así obtener el Valor de la firma sin proyecto. Respecto a éste, se espera que para el sin proyecto el Valor de la firma sea de \$5.655 millones de CLP.

6.1.4 Ratios Financieros *sin Proyecto*

Para concluir el estudio de la firma en la situación sin proyecto, fueron calculados los ratios de la compañía considerando las proyecciones hechas en el EERR, Balance y Flujos. En la **Tabla 6.5** se describen estos valores en los cuales se ve la razón de crecimiento de la firma dentro de un periodo de 7 años.

Tabla 6.5 Ratios asociados a las proyecciones de EERR, Balance y Flujos del *sin proyecto*.

Ratios	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Retorno sobre las Ventas	13,4%	14,4%	15,4%	16,4%	17,4%	18,3%	19,2%
Retorno del Capital	3,3%	3,7%	4,0%	4,4%	4,8%	5,1%	5,5%
Retorno sobre la Inversión de Capitales	3,3%	3,7%	4,0%	4,4%	4,8%	5,1%	5,5%
Retorno sobre el Patrimonio	3,3%	3,7%	4,0%	4,4%	4,8%	5,1%	5,5%
Retorno sobre Activos	3,1%	3,5%	3,8%	4,1%	4,5%	4,8%	5,1%
Deuda/Patrimonio	5,8%	6,0%	6,1%	6,3%	6,4%	6,6%	6,7%
Activo Circulante/Activo Fijo	97,9%	97,9%	98,0%	98,0%	98,1%	98,1%	98,2%
Activo/Patrimonio	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07
Deuda/Capital Total	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Patrimonio/Capital Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Rendimiento Sobre Activos (ROA)	24%	24%	25%	25%	26%	26%	27%
Rentabilidad Financiera (ROE)	3,4%	3,8%	4,2%	4,6%	5,1%	5,5%	6,0%

Entre los ratios calculados, el de **Retorno sobre las Ventas**, obtenido como el cociente entre la utilidad neta y los ingresos totales, nos indica cuánto beneficio económico está obteniendo la firma al final del ejercicio, el cual se espera que vaya en aumento.

El ratio de **Deuda/Patrimonio** es determinado como el cociente entre el total de los pasivos y el patrimonio, y demuestra la razón de endeudamiento de la firma (o apalancamiento financiero). Sirve para medir la capacidad de la firma en el largo plazo para hacer frente a sus obligaciones e indicar el grado de compromiso de ésta entre sus inversiones y el patrimonio. A menores valores de este indicador son un demostrativo de excesos de capitales propios (necesidad de endeudamiento), y valores mayores son indicadores de pérdida de autonomía de la firma ante terceros. En el caso particular del sin proyecto, este ratio es bastante bajo debido a que no se está considerando endeudamiento.

El ratio de **Activo Circulante/Activo Fijo**, obtenido como el cociente entre el activo circulante y el total de activos, indica si la firma está invirtiendo en activos fijos (como tecnología), que disminuyen el circulante. En el sin proyecto se observa un valor promedio de 98%.

El ratio de **Rendimiento Sobre Activos (ROA)**, obtenido como el cociente entre la utilidad neta y los activos fijos, indica la eficiencia de los activos respecto a la obtención de utilidades. Se espera que a mayor este indicador, mayor es la rentabilidad de los activos de la firma.

El ratio de **Rentabilidad Financiera (ROE)**, obtenido como el cociente entre la utilidad neta y los fondos propios, indica el nivel de retorno de los accionistas (gratificación a la inversión).

6.2 SIMULACIÓN FINANCIERA CON PROYECTO

6.2.1 Estado de Resultados con Proyecto

De igual forma que en el punto 6.1.1, fueron determinados los ratios y supuestos para la unidad de negocio de R&D de la firma, basados en los estados globales de la firma, publicados por esta en la bolsa de valores de New York (Tabla 6.6).

Tabla 6.6 Ratios y supuestos utilizados para la generación de los Estados Financieros con proyecto.

Ratios y Supuestos con Proyecto	
Crecimiento de Ventas por Año	3,74%
Factor Crecimiento Anual Personal	2,16%
Factor Crecimiento Anual Activos Fijos	3,18%
Factor Crecimiento Anual Depreciación	3,98%
C x C / Ingresos por Venta	28%
C x P / Ingresos por Venta	23%
Capital Inicial	\$3.600.000.000
Costos Operacionales / Ingresos por Venta	19%
Dividendos	70%
Crecimiento Perpetuidad	3,74%
Deuda del Proyecto	\$853.494.989
Interés por Deuda	2,0%
Duración (años)	7
Rf (BCP)	4,20%
Rm (IGPA)	10,00%
Beta (Bolsa de valores NY)	0,55
Tasa Sobre la Deuda	12,0%
Impuesto	25,0%
% Patrimonio/Deuda	81,1%
% Deuda/Patrimonio	18,9%
Precio Venta Placa SG1/SG2	\$60.000
Precio Venta Tratamiento DH	\$25.200

Para el caso de la situación con proyecto, la tabla de ratios y supuestos incluye los ítems relacionados a la deuda generada al implementar la nueva estación. Esta deuda fue estimada como el capital necesario para cubrir la inversión, más los costos administrativos, costos fijos operacionales y costos variables de los **tres primeros años** de marcha del proyecto (Tabla 6.7).

Tabla 6.7 Deuda adquirida al implementar el proyecto y sostener su operación durante tres años.

	Costo Anual	Costo Proyectado 2014 - 2016
Costos de Inversión	NA	\$38.500.000
Costos Administrativos	\$80.400.000	\$241.200.000
Costos Fijos Operacionales	\$107.500.000	\$322.500.000
Costos Variables	NA	\$251.294.989
Total		\$853.494.989

De la **Tabla 6.7**, los **Costos de Inversión** corresponden a la construcción del galpón, más la compra de equipamiento necesario (estimado en \$38 millones de CLP). Los **Costos Administrativos** corresponden al pago de sueldos a personal no relacionado directamente con la operación, más costos de arriendo (estimado en \$80 millones de CLP anuales). Los **Costos Fijos Operacionales** corresponden a sueldos de personal relacionado directamente con la operación, más aseo y mantenciones programadas (estimado en \$107 millones de CLP anuales). Finalmente, dentro de los **Costos Variables** se consideran los costos exigidos por insumos y reactivos según la demanda estimada para los tres primeros años del proyecto (estimado en \$251 millones de CLP).

Se estima que el costo de inversión más el de funcionamiento del proyecto durante los tres primeros años sea de **\$853 millones de CLP**. El objetivo de esta cobertura es respaldar las operaciones realizadas por la firma durante los primeros años de la implementación de la estación experimental, lo que llevaría a una deuda de un plazo de 7 años. En la **Tabla 6.8** se detallan las cuotas y el saldo resultante anualmente, al igual que el interés asociado a la adquisición de la deuda, con la cual ésta ascendería a **\$1.309 millones de CLP**.

Tabla 6.8 Desglose de la deuda adquirida al implementar la estación experimental de doble haploidía.

Año	Deuda del Proyecto			
	Saldo	Cuota	Interés	Amortización
1	\$853.494.989	\$187.015.890	\$102.419.399	\$84.596.491
2	\$768.898.498	\$187.015.890	\$92.267.820	\$94.748.070
3	\$674.150.429	\$187.015.890	\$80.898.051	\$106.117.838
4	\$568.032.590	\$187.015.890	\$68.163.911	\$118.851.979
5	\$449.180.611	\$187.015.890	\$53.901.673	\$133.114.216
6	\$316.066.395	\$187.015.890	\$37.927.967	\$149.087.922
7	\$166.978.473	\$187.015.890	\$20.037.417	\$166.978.473
8	\$0			

Una vez actualizada la tabla de ratios y supuestos, se procedió a calcular nuevamente el valor del índice WACC (con la misma metodología antes descrita), considerando que ahora la adquisición de la deuda genera diferencias en los ratios entre patrimonio y deuda:

Rf (BCP)	4,20%
Rm (IGPA)	10,00%
Beta (Bolsa de valores NY)	0,55
CAPM	4,38%

Tasa sobre la deuda	12,00%
Impuesto	25,00%
% Patrimonio/Deuda	81,00%
% Deuda/Patrimonio	18,98%
WACC	5,26%

Una vez determinado el índice WACC se procedió a calcular los **Estados de Resultados** considerado el proyecto (**Tabla 6.9**). Esta nueva tabla contempla ahora la situación donde el proyecto es implementado y desarrollado durante siete años, al igual que la deuda asociada a su ejecución.

Tabla 6.9 Estado de resultados con proyecto, proyectado desde el año 2014 al 2020.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total Ingresos por Venta	\$1.291.225.253	\$1.406.233.429	\$1.528.040.297	\$1.656.993.613	\$1.793.457.638	\$1.937.813.887	\$2.090.461.909
Placas de Semillas	\$905.487.555	\$939.367.688	\$974.515.496	\$1.010.978.410	\$1.048.805.637	\$1.088.048.224	\$1.128.759.130
Placas de Hojas	\$271.646.266	\$328.778.691	\$389.806.198	\$454.940.284	\$524.402.818	\$598.426.523	\$677.255.478
Tratamientos DH	\$114.091.432	\$138.087.050	\$163.718.603	\$191.074.919	\$220.249.184	\$251.339.140	\$284.447.301
Total Costos Variables	-\$251.282.717	-\$272.604.183	-\$295.169.403	-\$319.041.601	-\$344.286.990	-\$370.974.909	-\$399.177.964
Placas SG1							
Partida de Costo 1	-\$144.878.009	-\$150.298.830	-\$155.922.479	-\$161.756.546	-\$167.808.902	-\$174.087.716	-\$180.601.461
Partida de Costo 2	-\$10.141.461	-\$10.520.918	-\$10.914.574	-\$11.322.958	-\$11.746.623	-\$12.186.140	-\$12.642.102
Partida de Costo 3	-\$7.243.900	-\$7.514.942	-\$7.796.124	-\$8.087.827	-\$8.390.445	-\$8.704.386	-\$9.030.073
Partida de Costo 4	-\$5.795.120	-\$6.011.953	-\$6.236.899	-\$6.470.262	-\$6.712.356	-\$6.963.509	-\$7.224.058
Partida de Costo 5	-\$4.636.096	-\$4.809.563	-\$4.989.519	-\$5.176.209	-\$5.369.885	-\$5.570.807	-\$5.779.247
Partida de Costo 6	-\$2.263.719	-\$2.348.419	-\$2.436.289	-\$2.527.446	-\$2.622.014	-\$2.720.121	-\$2.821.898
Partida de Costo 7	-\$1.912.390	-\$1.983.945	-\$2.058.177	-\$2.135.186	-\$2.215.078	-\$2.297.958	-\$2.383.939
Partida de Costo 8	-\$1.810.975	-\$1.878.735	-\$1.949.031	-\$2.021.957	-\$2.097.611	-\$2.176.096	-\$2.257.518
Partida de Costo 9	-\$1.762.532	-\$1.828.479	-\$1.896.894	-\$1.967.869	-\$2.041.500	-\$2.117.886	-\$2.197.130
Otros	-\$1.901.737	-\$1.972.893	-\$2.046.712	-\$2.123.293	-\$2.202.739	-\$2.285.157	-\$2.370.660
Placas DH/SG2							
Partida de Costo 1	-\$43.463.403	-\$52.604.591	-\$62.368.992	-\$72.790.445	-\$83.904.451	-\$95.748.244	-\$108.360.876
Partida de Costo 2	-\$3.042.438	-\$3.682.321	-\$4.365.829	-\$5.095.331	-\$5.873.312	-\$6.702.377	-\$7.585.261
Partida de Costo 3	-\$3.531.401	-\$4.274.123	-\$5.067.481	-\$5.914.224	-\$6.817.237	-\$7.779.545	-\$8.804.321
Partida de Costo 4	-\$1.738.536	-\$2.104.184	-\$2.494.760	-\$2.911.618	-\$3.356.178	-\$3.829.930	-\$4.334.435
Partida de Costo 5	-\$1.390.829	-\$1.683.347	-\$1.995.808	-\$2.329.294	-\$2.684.942	-\$3.063.944	-\$3.467.548
Partida de Costo 6	-\$679.116	-\$821.947	-\$974.515	-\$1.137.351	-\$1.311.007	-\$1.496.066	-\$1.693.139
Partida de Costo 7	-\$573.717	-\$694.381	-\$823.271	-\$960.834	-\$1.107.539	-\$1.263.877	-\$1.430.364
Partida de Costo 9	-\$1.343.698	-\$1.626.304	-\$1.928.176	-\$2.250.362	-\$2.593.959	-\$2.960.117	-\$3.350.044
Partida de Costo 10	-\$9.960.363	-\$12.055.219	-\$14.292.894	-\$16.681.144	-\$19.228.103	-\$21.942.306	-\$24.832.701
Partida de Costo 11	-\$2.037.347	-\$2.465.840	-\$2.923.546	-\$3.412.052	-\$3.933.021	-\$4.488.199	-\$5.079.416
Otros	-\$1.175.930	-\$1.423.251	-\$1.687.433	-\$1.969.392	-\$2.270.088	-\$2.590.530	-\$2.931.773
Margen de Contribución	\$1.039.942.536	\$1.133.629.246	\$1.232.870.894	\$1.337.952.013	\$1.449.170.649	\$1.566.838.978	\$1.691.283.944
Total Costos Fijos	-\$741.801.688	-\$752.165.342	-\$762.762.386	-\$773.598.160	-\$784.678.134	-\$796.007.902	-\$807.593.191
Costos Fijos Operacionales							
Mantenimiento	-\$29.100.000	-\$30.024.192	-\$30.977.735	-\$31.961.562	-\$32.976.634	-\$34.023.945	-\$35.104.517
Aseo	-\$14.400.000	-\$14.711.261	-\$15.029.250	-\$15.354.113	-\$15.685.998	-\$16.025.056	-\$16.371.443
Sueldo Operarios	-\$256.800.000	-\$262.350.824	-\$268.021.630	-\$273.815.013	-\$279.733.623	-\$285.780.165	-\$291.957.405
Costos Fijos Adm.							
Gerente General	-\$42.000.000	-\$42.000.000	-\$42.000.000	-\$42.000.000	-\$42.000.000	-\$42.000.000	-\$42.000.000
Gerente Comercial	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000
Gerente Finanzas	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000
Jefe Operaciones Lab.	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000	-\$30.000.000
Coordinador Operaciones	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000
Coordinador Análisis G.	-\$48.000.000	-\$48.000.000	-\$48.000.000	-\$48.000.000	-\$48.000.000	-\$48.000.000	-\$48.000.000
Coordinador DH	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000	-\$24.000.000
Planner	-\$18.389.076	-\$18.786.563	-\$19.192.641	-\$19.607.497	-\$20.031.320	-\$20.464.304	-\$20.906.647
Robótica	-\$18.389.076	-\$18.786.563	-\$19.192.641	-\$19.607.497	-\$20.031.320	-\$20.464.304	-\$20.906.647
Informática	-\$18.389.076	-\$18.786.563	-\$19.192.641	-\$19.607.497	-\$20.031.320	-\$20.464.304	-\$20.906.647
Contador	-\$18.389.076	-\$18.786.563	-\$19.192.641	-\$19.607.497	-\$20.031.320	-\$20.464.304	-\$20.906.647
Recursos Humanos	-\$36.778.153	-\$37.573.126	-\$38.385.282	-\$39.214.994	-\$40.062.640	-\$40.928.608	-\$41.813.295
HSE	-\$12.259.384	-\$12.524.375	-\$12.795.094	-\$13.071.665	-\$13.354.213	-\$13.642.869	-\$13.937.765
Guardia	-\$42.907.845	-\$43.835.313	-\$44.782.829	-\$45.750.826	-\$46.739.747	-\$47.750.043	-\$48.782.177
Arriendo	-\$48.000.000	-\$48.000.000	-\$48.000.000	-\$48.000.000	-\$48.000.000	-\$48.000.000	-\$48.000.000
EBITDA	\$298.140.848	\$381.463.904	\$470.108.509	\$564.353.852	\$664.492.515	\$770.831.076	\$883.690.754
Intereses Deuda	-\$102.419.399	-\$92.267.820	-\$80.898.051	-\$68.163.911	-\$53.901.673	-\$37.927.967	-\$20.037.417
Depreciación	-\$4.759.150	-\$4.910.297	-\$5.066.244	-\$5.227.143	-\$5.393.153	-\$5.564.435	-\$5.741.157
Amortización	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Ut. Antes de Imp.	\$190.962.300	\$284.285.787	\$384.144.213	\$490.962.798	\$605.197.688	\$727.338.673	\$857.912.180
Impuestos	-\$47.740.575	-\$71.071.447	-\$96.036.053	-\$122.740.700	-\$151.299.422	-\$181.834.668	-\$214.478.045
Ut. Después de Imp.	\$143.221.725	\$213.214.340	\$288.108.160	\$368.222.099	\$453.898.266	\$545.504.005	\$643.434.135

Como se observa en la **Tabla 6.9**, para la determinación de los Estados de Resultados con proyecto fueron agregados los ingresos esperados por venta de servicios de tratamientos DH como análisis del tipo SG2, según la proyección de demanda y fijación de precios determinados previamente.

Adicionalmente, esta nueva tabla contiene los costos variables asociados a la producción de placas en las etapas DH y SG2, con lo cual las partidas de costo aumentan hasta 11. Sobre esta última tabla se definen algunas diferencias respecto a las descripciones señaladas en su versión sin proyecto:

Cambios en la Descripción de los Estados de Resultados con proyecto:

- **Ingresos por Venta:** En esta oportunidad, además se consideraron los ingresos estimados por concepto de venta de tratamientos DH y análisis SG2 según proyecciones realizadas en la sección **2.1.3**.
- **Costos Variables y Costos Fijos:** Determinados de acorde al sin proyecto, incluyendo además ahora los nuevos elementos que contempla la implementación de la estación de haploidía.
- **Interés Deuda y Amortización:** Con la implementación e inversión en el proyecto se agregan pagos de intereses de deuda y amortización según fue determinado en la **Tabla 6.8**.
- **EBITDA:** En el con proyecto éste se mantiene en valores positivos y con expectativas de crecimiento desde \$298 millones de CLP para el comienzo del proyecto, hasta \$883 millones de CLP para el año 2020. Este valor está por sobre lo esperado al mantener la firma en su estado actual sin inversiones hasta el año 2020 (\$293 millones de CLP).

Es importante recalcar que al igual que en el sin proyecto este valor indica que se espera que la firma sea rentable, pero el que esto se cumpla dependerá de la forma en que se manejen los aspectos financieros y tributarios no presentes en el valor EBITDA.

- **Utilidades Después de Impuestos:** Se espera que en el con proyecto éstas crezcan en relación proporcional al índice EBITDA, siendo de \$143 millones de CLP en el año 2014, con proyección a \$643 millones de CLP para el 2020. En comparación al sin proyecto (\$216 millones de CLP), la firma estaría maximizando sus utilidades a repartir entre los accionistas.

Terminado el análisis de la proyección de los Estados de Resultados con proyecto, se procede a determinar el Balance financiero esperado para la firma.

6.2.2 Balance de la Empresa con Proyecto

Se determinó el Balance de la firma en el con proyecto, en base a los ratios y supuestos planteados en la **Tabla 6.6**.

Tabla 6.10 Balance de la firma estimado para el periodo 2014 - 2020 en la situación *con* proyecto.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Activo Corriente							
Caja	\$4.321.536.127	\$4.296.660.778	\$4.283.820.695	\$4.283.348.648	\$4.295.533.126	\$4.320.608.329	\$4.358.742.730
Cuentas por Cobrar	\$363.432.180	\$395.802.730	\$430.086.861	\$466.382.453	\$504.792.032	\$545.422.980	\$588.387.755
Total Activo Circulante	\$4.684.968.307	\$4.692.463.509	\$4.713.907.556	\$4.749.731.100	\$4.800.325.157	\$4.866.031.309	\$4.947.130.485
Activo Fijo							
Activo Fijo	\$119.540.850	\$123.337.368	\$127.254.459	\$131.295.955	\$135.465.805	\$139.768.085	\$144.207.003
Depreciación	-\$4.759.150	-\$4.910.297	-\$5.066.244	-\$5.227.143	-\$5.393.153	-\$5.564.435	-\$5.741.157
Depreciación Acumulada	-\$4.759.150	-\$9.669.447	-\$14.735.690	-\$19.962.834	-\$25.355.987	-\$30.920.422	-\$36.661.579
Total Activo Fijo	\$114.781.700	\$113.667.921	\$112.518.769	\$111.333.121	\$110.109.818	\$108.847.664	\$107.545.424
TOTAL ACTIVOS	\$4.799.750.007	\$4.806.131.429	\$4.826.426.325	\$4.861.064.221	\$4.910.434.975	\$4.974.878.972	\$5.054.675.910
Pasivo Corriente							
Cuentas por Pagar	\$303.288.500	\$330.302.111	\$358.912.629	\$389.201.734	\$421.254.987	\$455.161.999	\$491.016.618
Pasivo Largo Plazo							
Deuda	\$853.494.989	\$768.898.498	\$674.150.429	\$568.032.590	\$449.180.611	\$316.066.395	\$166.978.473
TOTAL PASIVOS	\$1.156.783.489	\$1.099.200.610	\$1.033.063.057	\$957.234.324	\$870.435.598	\$771.228.394	\$657.995.091
Patrimonio							
Capital Inicial	\$3.600.000.000	\$3.600.000.000	\$3.600.000.000	\$3.600.000.000	\$3.600.000.000	\$3.600.000.000	\$3.600.000.000
Utilidades Acumuladas	\$143.221.725	\$256.180.858	\$395.038.980	\$561.585.366	\$757.728.163	\$985.503.382	\$1.247.084.714
Dividendos	-\$100.255.207	-\$149.250.038	-\$201.675.712	-\$257.755.469	-\$317.728.786	-\$381.852.804	-\$450.403.895
TOTAL PATRIMONIO	\$3.642.966.517	\$3.706.930.820	\$3.793.363.268	\$3.903.829.897	\$4.039.999.377	\$4.203.650.579	\$4.396.680.819
TOTAL PASIVOS + PAT	\$4.799.750.007	\$4.806.131.429	\$4.826.426.325	\$4.861.064.221	\$4.910.434.975	\$4.974.878.972	\$5.054.675.910

Cambios en la Descripción del Balance con proyecto:

- **Activo Fijo:** Este ítem ahora incluye las inversiones realizadas en el equipamiento requerido para las 15 estaciones del sin proyecto más las 8 nuevas estaciones del con proyecto.
- **Pasivos de Largo Plazo:** Se incluye la deuda adquirida al implementar la estación experimental, según fue descrito en la **Tabla 6.8**. Esta se extiende durante los 7 años planificados para el proyecto.

6.2.3 Flujo de Caja Libre con Proyecto

Se determinaron los Flujos de Caja Libre dentro del marco del proyecto (**Tabla 6.11**). Con esto fue calculado el valor a perpetuidad de la empresa, siendo de \$12.273 millones de CLP.

Tabla 6.11 Flujo de Caja Libre de la firma *con* proyecto, periodo 2014 - 2020.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Utilidad después de Impuesto	\$143.221.725	\$213.214.340	\$288.108.160	\$368.222.099	\$453.898.266	\$545.504.005	\$643.434.135
Depreciación	-\$4.759.150	-\$4.910.297	-\$5.066.244	-\$5.227.143	-\$5.393.153	-\$5.564.435	-\$5.741.157
Intereses por Deuda	\$2.048.388	\$1.845.356	\$1.617.961	\$1.363.278	\$1.078.033	\$758.559	\$400.748
Variación Capital de Trabajo		\$5.356.939	\$5.673.614	\$6.006.486	\$6.356.326	\$6.723.936	\$7.110.157
Flujo de Caja	\$140.510.963	\$215.506.339	\$290.333.491	\$370.364.720	\$455.939.473	\$547.422.065	\$645.203.883
Valor Perpetuidad							\$12.273.308.931
Flujo de Caja Libre	\$140.510.963	\$215.506.339	\$290.333.491	\$370.364.720	\$455.939.473	\$547.422.065	\$12.918.512.814

Valor Actual FCF	\$2.084.918.578
Valor a Perpetuidad	\$11.660.329.195
Valor de la firma (VAN) <i>con</i> Proyecto	\$13.745.247.773

En esta oportunidad, el Valor a Perpetuidad de la firma (traído al presente) ascendería a \$11.660 millones CLP, mientras que el VAN de la firma en la situación con proyecto correspondería a **\$13.745 millones de CLP**.

6.2.4 Ratios Financieros *con* Proyecto

Para concluir la situación con proyecto, se detallan los ratios financieros de la firma dentro del marco del proyecto (Tabla 6.12).

Tabla 6.12 Ratios asociados a las proyecciones de EERR, Balance y Flujos del *con* proyecto.

Ratios	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Retorno sobre las Ventas	11,1%	15,2%	18,9%	22,2%	25,3%	28,2%	30,8%
Retorno del Capital	3,0%	4,4%	6,0%	7,6%	9,2%	11,0%	12,7%
Retorno sobre la Inversión de Capitales	3,2%	4,8%	6,4%	8,2%	10,1%	12,1%	14,1%
Retorno sobre el Patrimonio	3,9%	5,8%	7,6%	9,4%	11,2%	13,0%	14,6%
Retorno sobre Activos	3,0%	4,4%	6,0%	7,6%	9,2%	11,0%	12,7%
Deuda/Patrimonio	31,8%	29,7%	27,2%	24,5%	21,5%	18,3%	15,0%
Activo Circulante/Activo Fijo	97,6%	97,6%	97,7%	97,7%	97,8%	97,8%	97,9%
Deuda/Capital Total	24,1%	22,9%	21,4%	19,7%	17,7%	15,5%	13,0%
Patrimonio/Capital Total	75,9%	77,1%	78,6%	80,3%	82,3%	84,5%	87,0%
Rendimiento Sobre Activos (ROA)	26,9%	29,3%	31,7%	34,1%	36,5%	39,0%	41,4%
Rentabilidad Financiera (ROE)	4,0%	5,9%	8,0%	10,2%	12,6%	15,2%	17,9%

El **Retorno sobre las Ventas** para esta situación comienza siendo menor que en el sin proyecto para el año 2014, hasta llegar a un 20,6% más de retorno al llegar al año 2020.

El ratio de **Deuda/Patrimonio** comienza desde 31,8% y desciende gradualmente conforme la deuda va siendo liquidada. Un buen ratio de Deuda/Patrimonio bordea el 40% - 50%, donde se considera a la empresa en equilibrio respecto sus inversiones y patrimonio. El ratio inicial de la firma en el con proyecto es inferior al punto de equilibrio (bajo nivel de apalancamiento financiero), lo cual podría ser un indicador de excesos de capitales propios. Sin embargo, hay que considerar que la firma maneja una segunda unidad de negocio que también se mantiene en constante crecimiento, los cuales no están siendo evaluados en el marco de esta tesis.

El **Rendimiento Sobre Activos (ROA)**, oscila entre el 27% y 41% en el con proyecto, rango mayor que el estudiado para el mismo periodo en el sin proyecto. Un mayor ROA indica una mayor eficiencia en el uso de los activos de la firma respecto a las utilidades que ésta está percibiendo.

El ratio de **Rentabilidad Financiera (ROE)**, aumenta desde 3% - 6% en el sin proyecto, a 4% - 18% en el con proyecto. Este índice permite evaluar la rentabilidad de la inversión y la de los accionistas al comparar ambas situaciones.

6.3 CONCLUSIÓN COMPARATIVO DE ESTADOS FINANCIEROS CON/SIN PROYECTO

Tomando los valores obtenidos del cálculo de los Estados Financieros del con y sin proyecto, se construyó una tabla comparativa para ver reflejados los cambios en los Estados de Resultados, Balance y Flujos de la firma al implementar el proyecto.

6.3.1 Comparativo de Estados de Resultados.

En esta sección son comparados y descritos en **color negro** los datos obtenidos para el sin proyecto, mientras que en **color azul** los datos obtenidos para el con proyecto (**Tabla 6.13**). Finalmente en **color verde** la diferencia final vista entre las Utilidades Después de Impuesto calculadas (con proyecto – sin proyecto). No se presentaron casos donde hubieran cambios negativos en el sin proyecto (como por ejemplo canibalismo).

Tabla 6.13 Estado de resultados comparativo entre el *con* y *sin* proyecto.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ingresos por Ventas	\$905.487.555 \$1.291.225.253	\$939.367.688 \$1.406.233.429	\$974.515.496 \$1.528.040.297	\$1.010.978.410 \$1.656.993.613	\$1.048.805.637 \$1.793.457.638	\$1.088.048.224 \$1.937.813.887	\$1.128.759.130 \$2.090.461.909
Costos Variables	-\$182.345.939 -\$251.282.717	-\$189.168.677 -\$272.604.183	-\$196.246.698 -\$295.169.403	-\$203.589.554 -\$319.041.601	-\$211.207.153 -\$344.286.990	-\$219.109.775 -\$370.974.909	-\$227.308.086 -\$399.177.964
Margen de Contribución	\$723.141.616 \$1.039.942.536	\$750.199.011 \$1.133.629.246	\$778.268.798 \$1.232.870.894	\$807.388.856 \$1.337.952.013	\$837.598.484 \$1.449.170.649	\$868.938.449 \$1.566.838.978	\$901.451.044 \$1.691.283.944
Costos Fijos	-\$558.126.953 -\$741.801.688	-\$566.028.531 -\$752.165.342	-\$574.108.748 -\$762.762.386	-\$582.371.715 -\$773.598.160	-\$590.821.640 -\$784.678.134	-\$599.462.829 -\$796.007.902	-\$608.299.690 -\$807.593.191
EBITDA	\$165.014.663 \$298.140.848	\$184.170.480 \$381.463.904	\$204.160.050 \$470.108.509	\$225.017.141 \$564.353.852	\$246.776.844 \$664.492.515	\$269.475.620 \$770.831.076	\$293.151.354 \$883.690.754
Depreciación	-\$3.385.292 -\$4.759.150	-\$3.492.806 -\$4.910.297	-\$3.603.735 -\$5.066.244	-\$3.718.186 -\$5.227.143	-\$3.836.273 -\$5.393.153	-\$3.958.109 -\$5.564.435	-\$4.083.816 -\$5.741.157
Utilidad Antes de Imp.	\$161.629.371 \$190.962.300	\$180.677.674 \$284.285.787	\$200.556.315 \$384.144.213	\$221.298.955 \$490.962.798	\$242.940.571 \$605.197.688	\$265.517.510 \$727.338.673	\$289.067.538 \$857.912.180
Impuestos al 25%	-\$40.407.343 -\$47.740.575	-\$45.169.419 -\$71.071.447	-\$50.139.079 -\$96.036.053	-\$55.324.739 -\$122.740.700	-\$60.735.143 -\$151.299.422	-\$66.379.378 -\$181.834.668	-\$72.266.885 -\$214.478.045
Utilidad Después de Imp.	\$121.222.028 \$143.221.725	\$135.508.256 \$213.214.340	\$150.417.236 \$288.108.160	\$165.974.216 \$368.222.099	\$182.205.428 \$453.898.266	\$199.138.133 \$545.504.005	\$216.800.654 \$643.434.135
Diferencia Ut. Después I.	\$21.999.697	\$77.706.085	\$137.690.924	\$202.247.883	\$271.692.838	\$346.365.872	\$426.633.481

Al final de la **Tabla 6.13** se observa que en contraste con la situación actual de la empresa, la implementación del proyecto le otorgaría a la firma la capacidad de aumentar las Utilidades Después de Impuestos a \$22 millones de CLP, tras el primer año de implementación. Debido a que la realización del proyecto aumentaría la demanda tanto como los ingresos de la firma, se espera que este tenga el potencial de incrementar en un delta de hasta \$426 millones de CLP, para el séptimo año luego de la implementación de la estación de haploidía.

6.3.2 Comparación de Balance.

Utilizando la misma nomenclatura descrita en la sección **6.3.1**, se detallaron los balances de la compañía comparando las situaciones del con y sin proyecto. Al final de la tabla fue calculada la diferencia entre ambas situaciones.

Tabla 6.14 Balance comparativo entre las situaciones de *con* y *sin* proyecto.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Caja	\$3.512.543.276 \$4.321.536.127	\$3.552.409.915 \$4.296.660.778	\$3.596.715.362 \$4.283.820.695	\$3.645.652.608 \$4.283.348.648	\$3.699.422.454 \$4.295.533.126	\$3.758.233.821 \$4.320.608.329	\$3.822.304.066 \$4.358.742.730
Cuentas por Cobrar	\$254.861.276 \$363.432.180	\$264.397.281 \$395.802.730	\$274.290.090 \$430.086.861	\$284.553.052 \$466.382.453	\$295.200.019 \$504.792.032	\$306.245.356 \$545.422.980	\$317.703.972 \$588.387.755
Activos Fijos	\$81.646.839 \$114.781.700	\$80.854.582 \$113.667.921	\$80.037.164 \$112.518.769	\$79.193.786 \$111.333.121	\$78.323.622 \$110.109.818	\$77.425.823 \$108.847.664	\$76.499.511 \$107.545.424
Total Activos	\$3.849.051.391 \$4.799.750.007	\$3.897.661.778 \$4.806.131.429	\$3.951.042.616 \$4.826.426.325	\$4.009.399.446 \$4.861.064.221	\$4.072.946.095 \$4.910.434.975	\$4.141.905.001 \$4.974.878.972	\$4.216.507.549 \$5.054.675.910
Cuentas por Pagar	\$212.684.783 \$303.288.500	\$220.642.693 \$330.302.111	\$228.898.360 \$358.912.629	\$237.462.925 \$389.201.734	\$246.347.945 \$421.254.987	\$255.565.412 \$455.161.999	\$265.127.763 \$491.016.618
Deuda	\$0 \$853.494.989	\$0 \$768.898.498	\$0 \$674.150.429	\$0 \$568.032.590	\$0 \$449.180.611	\$0 \$316.066.395	\$0 \$166.978.473
Total Pasivos	\$212.684.783 \$1.156.783.489	\$220.642.693 \$1.099.200.610	\$228.898.360 \$1.033.063.057	\$237.462.925 \$957.234.324	\$246.347.945 \$870.435.598	\$255.565.412 \$771.228.394	\$265.127.763 \$657.995.091
Capital Inicial	\$3.600.000.000 \$3.600.000.000						
Utilidad Acumulada	\$121.222.028 \$143.221.725	\$171.874.864 \$256.180.858	\$227.436.322 \$395.038.980	\$288.118.472 \$561.585.366	\$354.141.949 \$757.728.163	\$425.736.282 \$985.503.382	\$503.140.243 \$1.247.084.714
Dividendos	-\$84.855.420 -\$100.255.207	-\$94.855.779 -\$149.250.038	-\$105.292.065 -\$201.675.712	-\$116.181.951 -\$257.755.469	-\$127.543.800 -\$317.728.786	-\$139.396.693 -\$381.852.804	-\$151.760.458 -\$450.403.895
Total Patrimonio	\$3.636.366.608 \$3.642.966.517	\$3.677.019.085 \$3.706.930.820	\$3.722.144.256 \$3.793.363.268	\$3.771.936.521 \$3.903.829.897	\$3.826.598.149 \$4.039.999.377	\$3.886.339.589 \$4.203.650.579	\$3.951.379.785 \$4.396.680.819
Total Pasivos + Patrimonio	\$3.849.051.391 \$4.799.750.007	\$3.897.661.778 \$4.806.131.429	\$3.951.042.616 \$4.826.426.325	\$4.009.399.446 \$4.861.064.221	\$4.072.946.095 \$4.910.434.975	\$4.141.905.001 \$4.974.878.972	\$4.216.507.549 \$5.054.675.910
Diferencia Balance	\$950.698.616	\$908.469.651	\$875.383.709	\$851.664.776	\$837.488.880	\$832.973.971	\$838.168.361

Para el Balance se utilizó el valor final de Activos Totales (o Pasivo + Patrimonio) como punto de comparación entre ambas situaciones. La implementación del proyecto significa una mayor inversión en activos fijos, mientras que el aumento en las ventas significa un incremento en las utilidades acumuladas y mayores dividendos. Se espera que con el proyecto la razón de los ítems que componen el balance sea en promedio un 18% mayor al implementar el proyecto.

6.3.3 Comparación de Flujo de Caja Libre.

Utilizando la misma nomenclatura descrita en la sección 6.3.1, se detalló el Flujo de Caja Libre de la compañía comparando las situaciones con y sin proyecto. Al final de la tabla fue calculada la diferencia entre ambas situaciones.

Tabla 6.15 Flujo de Caja Libre comparativo entre las situaciones de con y sin proyecto para la firma.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Utilidad Después de Imp.	\$121.222.028 \$143.221.725	\$135.508.256 \$213.214.340	\$150.417.236 \$288.108.160	\$165.974.216 \$368.222.099	\$182.205.428 \$453.898.266	\$199.138.133 \$545.504.005	\$216.800.654 \$643.434.135
Depreciación	-\$3.385.292 -\$4.759.150	-\$3.492.806 -\$4.910.297	-\$3.603.735 -\$5.066.244	-\$3.718.186 -\$5.227.143	-\$3.836.273 -\$5.393.153	-\$3.958.109 -\$5.564.435	-\$4.083.816 -\$5.741.157
Interés por Deuda	\$0 \$2.048.388	\$0 \$1.845.356	\$0 \$1.617.961	\$0 \$1.363.278	\$0 \$1.078.033	\$0 \$758.559	\$0 \$400.748
Variación Cap. de Trabajo	\$0 \$0	\$1.578.095 \$5.356.939	\$1.637.142 \$5.673.614	\$1.698.398 \$6.006.486	\$1.761.946 \$6.356.326	\$1.827.871 \$6.723.936	\$1.896.264 \$7.110.157
Flujo de Caja	\$117.836.736 \$140.510.963	\$133.593.545 \$215.506.339	\$148.450.643 \$290.333.491	\$163.954.427 \$370.364.720	\$180.131.101 \$455.939.473	\$197.007.895 \$547.422.065	\$214.613.102 \$645.203.883
Valor Perpetuidad							\$4.899.810.408 \$12.273.308.931
Flujo de Caja Libre	\$117.836.736 \$140.510.963	\$133.593.545 \$215.506.339	\$148.450.643 \$290.333.491	\$163.954.427 \$370.364.720	\$180.131.101 \$455.939.473	\$197.007.895 \$547.422.065	\$5.114.423.510 \$12.918.512.814
Diferencia FCF	\$22.674.226	\$81.912.794	\$141.882.848	\$206.410.293	\$275.808.371	\$350.414.171	\$7.804.089.305

		Diferencia
Valor Actual FCF	\$960.847.714 \$2.084.918.578	\$1.124.070.864
Valor a Perpetuidad	\$4.694.202.970 \$11.660.329.195	\$6.966.126.224
Valor de la firma (VAN)	\$5.655.050.685 \$13.745.247.773	\$8.090.197.088

Tomando el **Valor Actual** de Flujo de Caja Libre como punto de comparación, se observa que con la implementación del proyecto se espera que éste aumente en \$1.124 millones de CLP. Por otro lado, el **Valor de la firma** tiene el potencial de aumentar en \$8.090 millones de CLP, demostrando que con la implementación del proyecto la firma se vuelve más rentable, agregando valor a la compañía. El uso del valor VAN como indicador tiene ciertas desventajas, como la

dificultad para fijar adecuadamente la tasa de descuento (sobre todo si esta varía entre periodos), pero como una aproximación inicial es suficiente para determinar si un proyecto maximizará la inversión.

6.3.4 Comparación de Ratios.

Utilizando la misma nomenclatura descrita en la sección 6.3.1, se detalla el comparativo entre los ratios estimados para la firma en ambas situaciones.

Tabla 6.16 Comparativo de ratios entre las situaciones del *con* y *sin* proyecto para la firma.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Retorno sobre las ventas	13,4%	14,4%	15,4%	16,4%	17,4%	18,3%	19,2%
	11,1%	15,2%	18,9%	22,2%	25,3%	28,2%	30,8%
Retorno del Capital	3,3%	3,7%	4,0%	4,4%	4,8%	5,1%	5,5%
	3,0%	4,4%	6,0%	7,6%	9,2%	11,0%	12,7%
Retorno sobre Inversión de Capitales	3,3%	3,7%	4,0%	4,4%	4,8%	5,1%	5,5%
	3,2%	4,8%	6,4%	8,2%	10,1%	12,1%	14,1%
Retorno sobre Patrimonio	3,3%	3,7%	4,0%	4,4%	4,8%	5,1%	5,5%
	3,9%	5,8%	7,6%	9,4%	11,2%	13,0%	14,6%
Retorno sobre Activos	3,1%	3,5%	3,8%	4,1%	4,5%	4,8%	5,1%
	3,0%	4,4%	6,0%	7,6%	9,2%	11,0%	12,7%
Deuda/Patrimonio	5,8%	6,0%	6,1%	6,3%	6,4%	6,6%	6,7%
	31,8%	29,7%	27,2%	24,5%	21,5%	18,3%	15,0%
Activo Circulante/Activo Fijo	97,9%	97,9%	98,0%	98,0%	98,1%	98,1%	98,2%
	97,6%	97,6%	97,7%	97,7%	97,8%	97,8%	97,9%
Deuda/Capital Total	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	24,1%	22,9%	21,4%	19,7%	17,7%	15,5%	13,0%
Patrimonio/Capital Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	75,9%	77,1%	78,6%	80,3%	82,3%	84,5%	87,0%
Rendimiento Sobre Activos (ROA)	23,5%	24,1%	24,7%	25,2%	25,8%	26,3%	26,8%
	26,9%	29,3%	31,7%	34,1%	36,5%	39,0%	41,4%
Rentabilidad Financiera (ROE)	3,4%	3,8%	4,2%	4,6%	5,1%	5,5%	6,0%
	4,0%	5,9%	8,0%	10,2%	12,6%	15,2%	17,9%

La implementación del proyecto impacta positivamente sobre el ratio de Retorno sobre las Ventas, que nos indica el nivel de beneficio económico esperado para la firma, aumentado este índice gradualmente en comparación al sin proyecto. Adicionalmente, en el primer año el ratio de Deuda/Patrimonio crece de 5,8% (sin proyecto) a 31,8% (con proyecto) debido a la deuda adquirida por la firma al invertir, con lo cual aumentan las obligaciones de la compañía y disminuye su autonomía financiera.

Se observa que los ratios de rendimiento y rentabilidad como el índice ROA y ROE, incrementen gradualmente y de forma significativa al implementar la estación de doble haploides. El primero hace referencia a la eficiencia con la cual se estarán operando los activos fijos al desarrollar el proyecto, mientras que el segundo señala un aumento en los niveles de retorno que tendrían los accionistas al sostener esta inversión.

CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En este capítulo serán extraídos los principales resultados obtenidos en los estudios realizados, con el objetivo de formar un criterio final que permita construir la conclusión del análisis. Serán expuestos ambos escenarios esperados para la firma, al proyectar una situación donde ésta continúa con el desempeño en su condición actual, y una situación donde ésta implementa la estación para el tratamiento de doble haploides.

7.1 RESUMEN DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y DEL PROYECTO.

En la actualidad, la firma se dedica al servicio de selección genética asistido por marcadores moleculares, dentro del Mercado de los Estudios Genéticos en Vegetales. Este servicio es requerido por clientes que necesitan información para la toma de decisiones en programas de mejoramiento genético, en donde son potenciadas las cualidades de vegetales para su venta al comercio.

Desde su comienzo, la empresa ha adquirido el conocimiento e implementado equipamiento que permita la genotipificación a gran escala de muestras vegetales, para programas de mejoramiento genético. Al revisar hacia atrás en el histórico de demanda de la firma (contando con datos desde el año 2006 hasta el 2013), se observa que ésta se ha venido expandiendo con un crecimiento promedio del 3,74% anual (**CAPÍTULO 2**).

Debido al constante progreso biotecnológico nuevas herramientas han salido al mercado de los estudios genéticos, entre las cuales destacan las técnicas para la conversión de organismos diploides en organismos doble-haploides, donde se generan altas reducciones de tiempo y presupuesto. Ésta se ha convertido en una de las técnicas más utilizadas en la actualidad dentro de programas de mejoramiento genético.

Cada vez que un cliente necesita aplicar esta herramienta dentro de sus proyectos de mejoramiento, éste debe realizar un ciclo de selección de plantas progenitoras, el cual ha sido descrito en este documento como los procedimientos SG1 ▶ DH ▶ SG2. Debido a que en la actualidad la firma sólo realiza estudios SG1, los clientes deben obligatoriamente asistirse en la competencia para completar sus proyectos. Todo este proceso antes era realizado solamente por el proceso de mejoramiento genético convencional (varios años de cruza), pero en la actualidad son cada vez más los clientes que desean pasar a la rapidez, precisión y efectividad de los tratamientos de doble haploidía.

Empresas líderes en el mercado acaparan gran parte de éste debido a que ofrecen múltiples servicios genéticos a los clientes, motivo por el cual surge en la firma la necesidad de evaluar la implementación de un proyecto de doble haploidía, el cual incrementaría los productos entregados y le permitiría optar a una mayor porción del mercado.

Es importante destacar que la implementación del proyecto no sólo abriría las puertas de la firma en el mercado DH, sino que además trae consigo una segunda demanda de selección genética, acá referida como análisis SG2.

La potencial nueva demanda es esquematizada en la **Figura 7.1**, donde fue estimada su magnitud para la situación actual de la firma, y la esperada al implementar el proyecto de doble haploidía en conjunto con los procesos ya realizados.

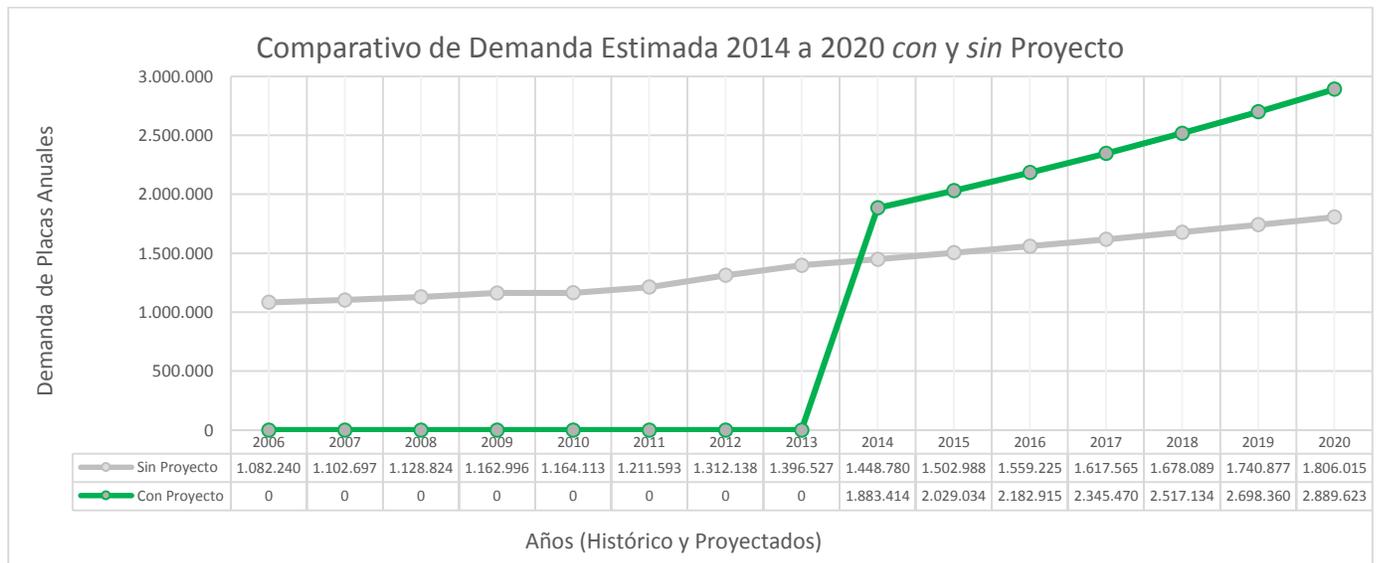


Figura 7.1 Comparación de la demanda estimada entre el con y sin proyecto, periodo 2014 - 2020.

Se espera un crecimiento lineal para la demanda en la situación actual (proyección en gris), basado en el crecimiento promedio anual de 3,74%, mientras que con la implementación del proyecto el año 2014, se espera que la demanda sea de mayor magnitud y crezca con una mayor pendiente (proyección en verde). Esto debido a que el proyecto atrae además la demanda SG2, que puede llegar a ser hasta un 60% más que la demanda sin proyecto.

Dadas las condiciones de mercado y expuesta la oportunidad de crecimiento a través del desarrollo de nuevos servicios para clientes, se planteó el proyecto titulado como:

“Implementación de Estación Experimental para Tratamientos Genéticos de Doble Haploidía”

Para este proyecto fueron planteados inicialmente dos objetivos:

Objetivo 1. Implementación de una estación con una línea de producción para tratamientos de Doble Haploidía (DH) en plantas de maíz.

Según fue estudiado en la **Sección 5.4**, es necesaria una inversión de **38 millones de CLP** para la implementación de una estación de análisis DH, valor que contempla la construcción del sitio y la adquisición del nuevo equipamiento.

Adicionalmente a esta inversión, en la **Figura 7.2** son descritos los costos variables asociados al funcionamiento de la nueva estación, mientras que en la **Figura 7.3** son descritos los costos fijos y administrativos que ésta tendrá que afrontar una vez que la nueva línea de producción esté en marcha.

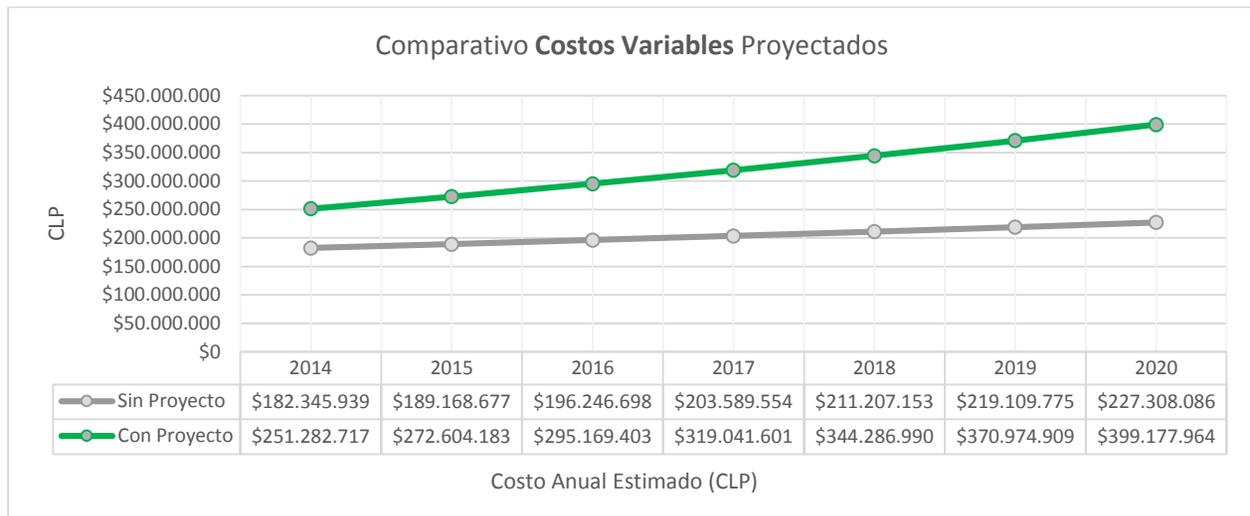


Figura 7.2 Comparación de Costos Variables entre el con y sin Proyecto.

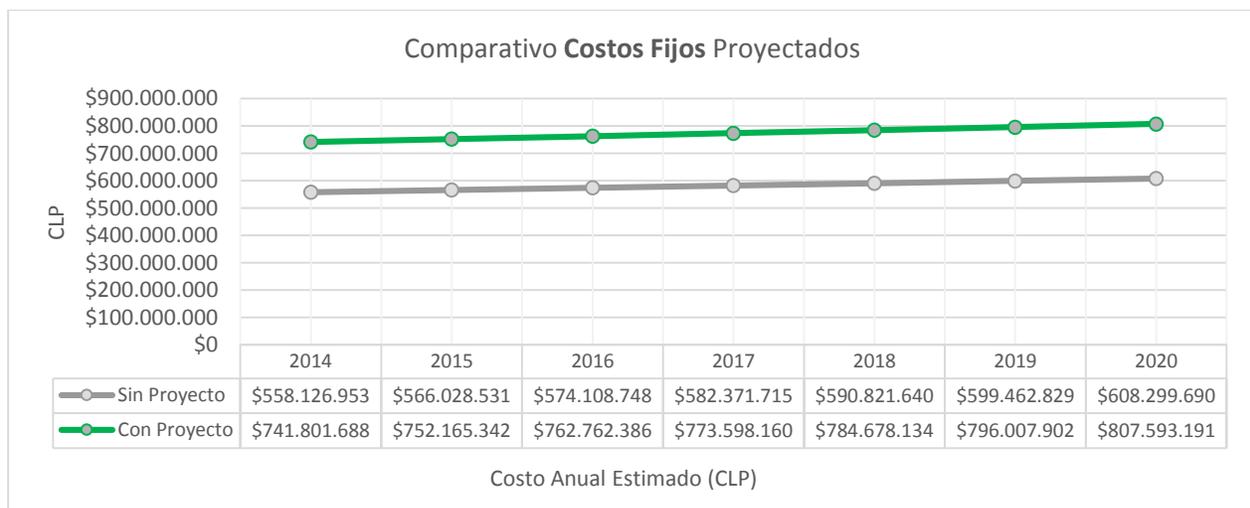


Figura 7.3 Comparación de Costos Fijos entre el con y sin Proyecto.

Como se observa en ambos gráficos, al llevar a cabo el desarrollo del **Objetivo 1** se esperaría que los costos variables (todos aquellos insumos descritos en las partidas de costos), aumentasen desde un 27% para el primer año (respecto al sin proyecto), hasta un 43% para el 2020. Esto debido al aumento creciente de la demanda esperada al implementar la estación de haploidía, en comparación a como se mantendría la firma de seguir hasta el 2020 en su condición actual. Respecto al incremento esperado en la proyección de los costos fijos (administrativos,

sueldos, aseo y mantenencias programadas), se esperaría que estos se mantuviesen como un 25% adicional respecto al sin proyecto. Este aumento es debido al nuevo personal de planta que sería necesario contratar para operar la estación de tratamientos DH, además, del incremento en costos de mantención y aseo programado relacionado al aumento de equipos y robots adquiridos.

Para llevar a cabo el desarrollo del **Objetivo 1**, ambos aumentos de costos deben ser considerados y contrastados con los ingresos esperados para la firma bajo ambas situaciones.

Objetivo 2. Expansión de la capacidad de la línea de producción actual, ahora dirigida para poder procesar la demanda actual de Selecciones Genéticas 1 (SG1) y, además recibir la nueva demanda de servicios de Selección Genética 2 (SG2).

Adicionalmente con la implementación de la estación de tratamientos DH, se espera un incremento considerable de placas a hacer analizadas en la nueva línea de producción SG2, que comparte estaciones de trabajo con la línea inicial SG1. Por este motivo, previo a la ejecución del proyecto es necesario un estudio de la capacidad de la planta, como el desarrollado en el **CAPÍTULO 4**. En este capítulo es estudiado el tiempo que toma dentro del sistema cada placa trabajada por separado para las estaciones de tratamiento DH y estaciones de análisis SG1/SG2.

Considerando el proceso como un continuo (sin tomar en cuenta horas de amortiguado y liofilización), el proceso SG1 tiene un tiempo de 7,5 minutos en el sistema por cada placa en su condición actual. Para esta situación fueron estudiadas mejoras que incluyen tanto la aplicación de nuevas herramientas como inversiones y contratación de personal, con lo cual fue determinado un nuevo tiempo promedio en el sistema es de 3,75 minutos por cada placa.

Con este nuevo valor fue evaluada la capacidad de planta en las líneas SG1/SG2, respecto a la demanda proyectada previamente. Se determinó que la capacidad sería insuficiente para cubrir los puntos de mayor demanda de trabajo al integrar el proyecto, motivo por el que fue necesario el estudio de nuevas contrataciones y la re-organización de los horarios de trabajo de todo el personal. Tras esto se determinó un nuevo tiempo en el sistema por placa de 2,86 minutos, valor que corresponde a un **24% menos** respecto al sin proyecto (**Figura 7.4**).

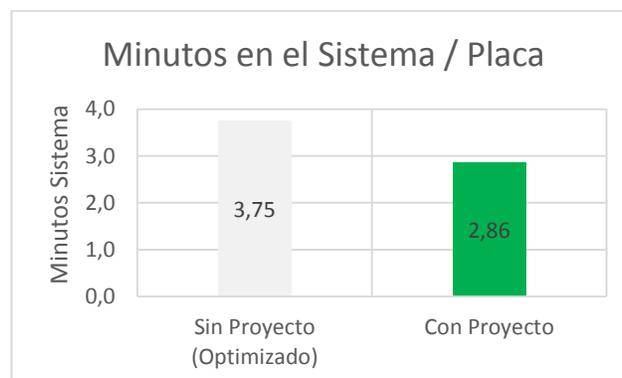


Figura 7.4 Comparación de los minutos en el sistema por placa entre el con y sin Proyecto.

Nota: Para el sin proyecto fue considerada su capacidad tras las optimizaciones iniciales aplicadas.

El estudio del tiempo en el sistema deriva a la determinación de cuántas placas el laboratorio es capaz de procesar diariamente en una jornada normal. En la situación actual, donde no son consideradas ni optimizaciones ni el proyecto, la firma es capaz de entregar resultados para el análisis de 12 placas por hora, lo cual significa 96 placas diarias en una jornada laboral de 8 horas.

Al aplicar las optimizaciones estudiadas, la firma aumenta su capacidad de respuesta en 16 placas por hora, lo cual significa que ésta puede procesar 128 unidades diarias por jornada laboral de 8 horas. Sin embargo, esta capacidad es insuficiente para la demanda estimada al implementar el proyecto, pues se esperan meses punta de 205 unidades diarias (187 placas/día + 10% de repeticiones) a analizar diariamente para finales del año 2020.

De esta forma, fueron necesarios los estudios de ampliación de la capacidad propuestos para el proyecto, con los cuales se determinó una nueva capacidad de 21 placas por hora, las cuales significan un volumen de proceso de 210 unidades por jornada laboral diaria de 10 horas. Este cambio correspondería a **5 placas** adicionales en la capacidad de proceso por **hora**, y un **82 placas más** en la capacidad **diaria** respecto al sin proyecto (**Figura 7.5**). Se observa que el aumento porcentual de placas/hora y placas/día no crece de la misma forma, lo cual es debido a que al estudiar la capacidad diaria del sin proyecto éste valor considera jornadas de 8 horas, mientras que en el con proyecto éste valor considera jornadas de 10 horas.



Figura 7.5 Comparación de la capacidad por placa producidas por hora (izquierda) y placas producidas por día (derecha), entre el *con* y *sin* Proyecto.

La implementación del proyecto planteado a la firma significa para ésta la incorporación de nuevos productos/servicios que ofrecer, tras lo cual se espera aumentar la captura de clientes y con esto la participación de mercado de la compañía. La innovación en los procesos a realizar requerirá de la consideración de los estudios de capacidad de planta, y de los aspectos financieros implicados en la inversión requerida por el proyecto.

7.2 INDICADORES FINANCIEROS

La demanda estimada de la situación con proyecto incluye las placas adicionales a procesar para los tratamientos de doble haploidía más las placas para análisis SG2. Este incremento impacta directamente sobre los Ingresos estimados para la compañía puesto se está adquiriendo una demanda importante que en la actualidad operan otros participantes del mercado. En el **Gráfico 7.1** se esquematizan los ingresos esperados en ambas situaciones, donde la curva descrita para el sin proyecto representaría la proyección de placas de sólo servicios SG1 esperada desde el año 2014 al 2020, mientras que la curva descrita para el con proyecto incluiría las placas esperadas SG1, DH y SG2.

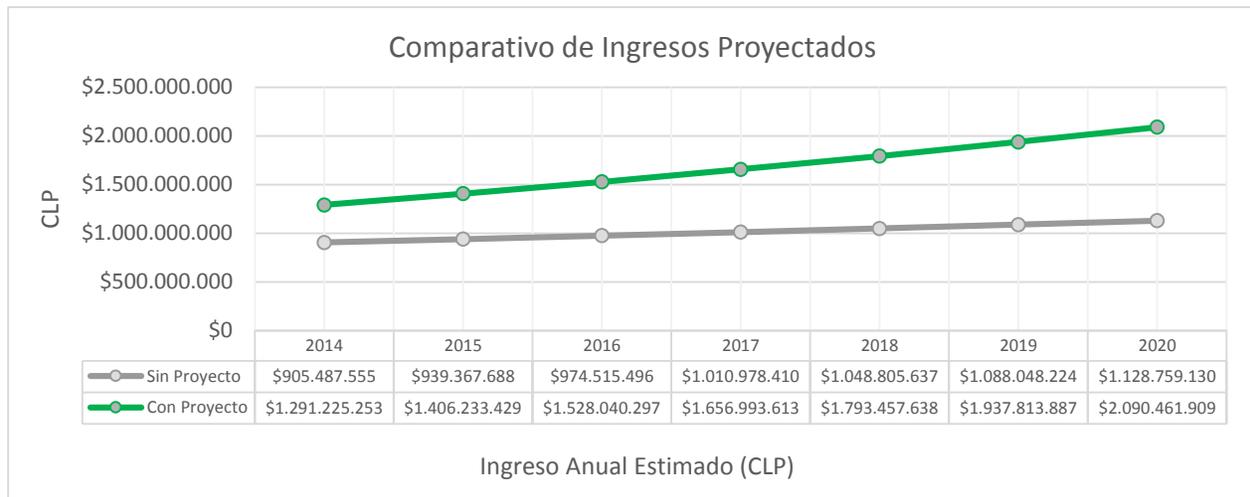


Gráfico 7.1. Comparación de los ingresos esperados para el año 2014 y 2020 entre el *con* y *sin* Proyecto.

En este gráfico se observa cómo se espera que el crecimiento actual proyectado de ingresos de la compañía (actualmente 3,74% anual), aumente significativamente para la situación donde es implementado el proyecto. Esto debido a que en este segundo escenario es abarcada tanto la demanda SG1 de los clientes actuales, más la porción de ellos que precisa de tratamientos DH y análisis SG2.

Dentro del desarrollo de los Estados Financieros en el **CAPÍTULO 6**, a los ingresos proyectados se les fue descontado los costos fijos/administrativos y costos variables ya descritos, para la determinación del índice EBITDA anual, correspondiente al beneficio obtenido por la firma antes de verse reducido por efectos tributarios como los impuestos, o elementos como depreciaciones y amortizaciones. En el **Gráfico 7.2** se esquematizan los valores EBITDA para los 7 años proyectados, comparando el valor del índice obtenido tanto para la situación sin proyecto como la situación en la que es implementado.

En el gráfico comparativo se observa cómo se espera que el valor EBITDA del con proyecto esté por sobre (y crezca con mayor pendiente), que en el caso sin proyecto. Un mayor valor EBITDA al comparar la situación actual de una empresa con un proyecto de estudio permite

identificar cuál expectativa es más rentable económicamente para la compañía. En este caso, puesto que se espera un mayor valor para el índice EBITDA al implementar la estación de doble haploidía, se puede concluir que si bien la empresa es rentable en su condición actual, se esperaría que lo fuese más aún al implementar el proyecto de estudio.

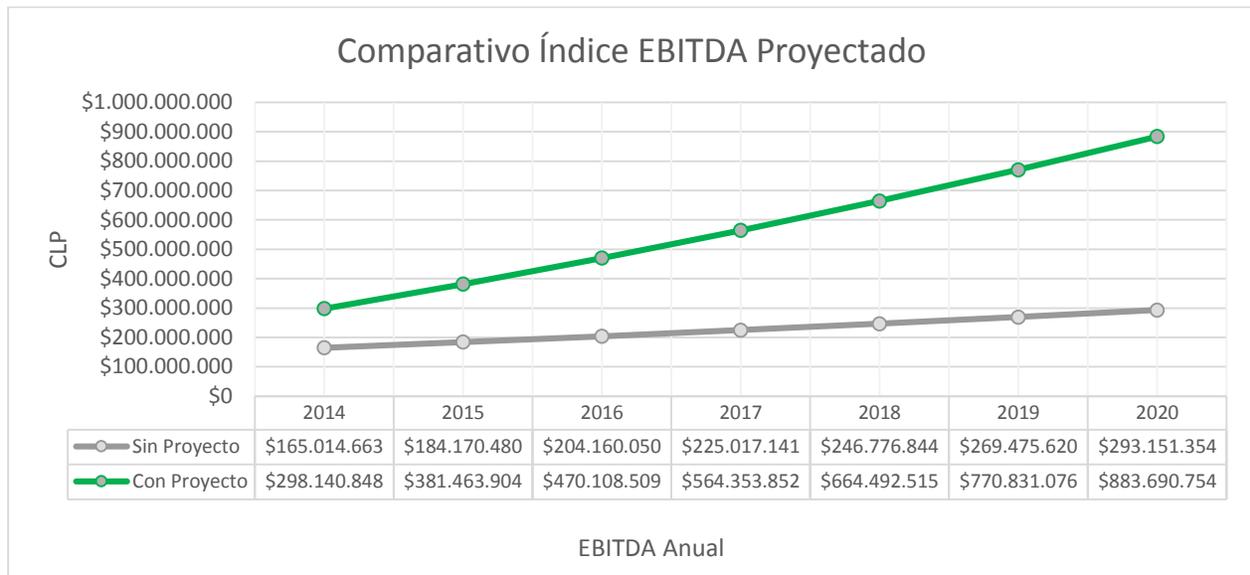


Gráfico 7.2. Comparación del Índice EBITDA para las proyecciones de los Estados de Resultados 2014 a 2020 entre el *con* y *sin* Proyecto.

Finalmente, se calculó el Valor de la firma en ambas situaciones, con lo que fue posible visualizar el impacto que tendría el proyecto sobre los beneficios percibidos. Previamente en el **CAPÍTULO 6**, se determinó el VAN esperado para la firma, siendo éste de mayor magnitud al implementar la estación de haploidía. Sin embargo, es importante considerar las posibles fluctuaciones en la demanda esperada para el periodo de estudio.

Inicialmente, se sabe que el 60% de los clientes actuales realiza a posterioridad tratamientos de doble haploidía para continuar sus estudios. Al entrevistar a este grupo se determinó que la mitad de ellos (por lo tanto el 30% de la demanda total), estaría interesado en realizar los procedimientos de doble haploidía con la misma firma si ésta implementa la técnica.

En el **Gráfico 7.3** se esquematiza esta situación, donde el VAN de la firma en la situación sin proyecto es un valor fijo de **\$5.655 millones de CLP** (curva gris) en el 2020, obtenido por la proyección del incremento de demanda en 3,74% anual según fue estimado en el **CAPÍTULO 2**. Por otro lado, el VAN asociado al proyecto dependerá directamente de qué tan alta sea la demanda de los nuevos procesos a realizar de DH/SG2, pero no de forma completamente directa a qué tan alta haya sido la demanda SG1. Esto debido a que no necesariamente un cliente que haya solicitado un análisis SG1 luego requerirá uno del tipo DH/SG2.

Dentro de este gráfico la curva asociada al proyecto (trazada en verde), esquematiza el posible valor de la compañía dependiendo del nivel de demanda alcanzada para el año 2020. Es decir, se consideró desde la posibilidad de que al finalizar los 7 años de implementación la firma sólo haya sido capaz de capturar la demanda del 30% de los clientes que se declararon interesados, hasta el caso donde la firma captura a todo el 60% que realiza tratamientos posteriores de haploidía.

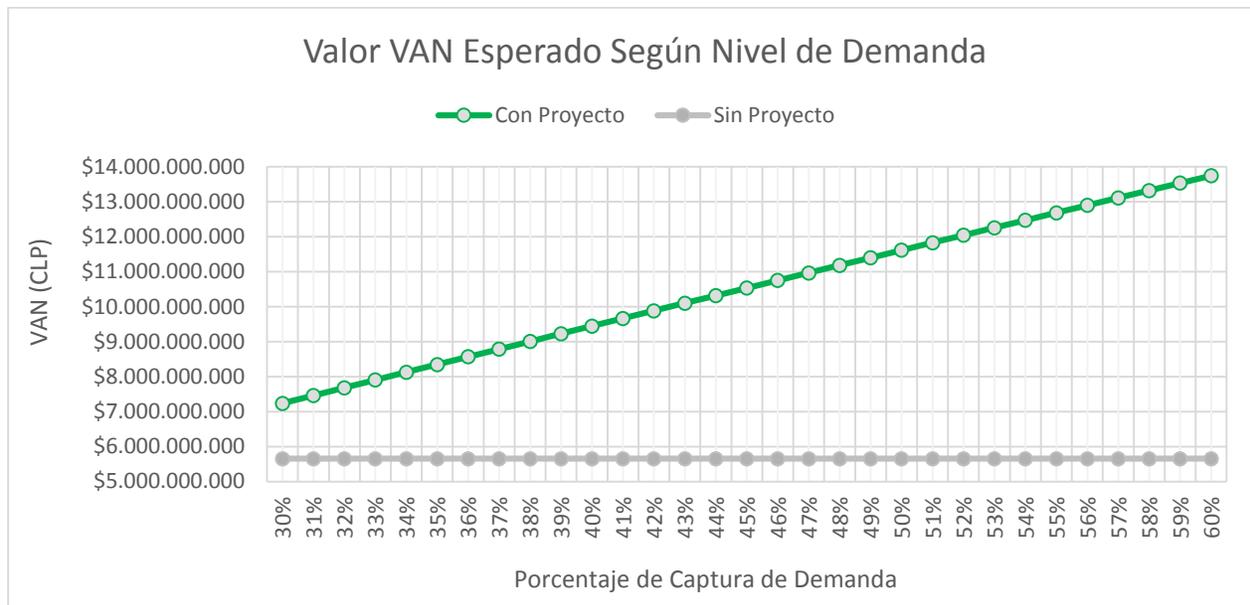


Gráfico 7.3. Comparación valor VAN al finalizar los 7 años de proyecto, en diferentes escenarios de captura de demanda proyectada entre el *con* y *sin* Proyecto.

De esta forma, se consideró a la compañía en dos posibles escenarios. Dentro de un escenario pesimista, la firma obtiene una demanda muy baja e incluso nula de tratamientos DH/SG2 durante el primer año del proyecto, y va creciendo anualmente a razón de un 5% hasta poder alcanzar al 30% de los clientes (total que actualmente se declara como interesado). Bajo este supuesto el VAN estimado de la firma correspondería a **\$7.238 millones de CLP**.

Luego, al evaluar la compañía dentro del marco de un escenario optimista, la firma comienza su primer año de implementación del proyecto con el 30% de los clientes que actualmente ya se declaran como interesados, y en base a esto crece a razón de un 5% anual hasta alcanzar al 60% para el 2020, correspondiente a la totalidad de los clientes que hoy envían análisis SG1 y precisan tratamientos de haploidía. Bajo este supuesto el VAN estimado de la firma correspondería a **\$13.754 millones de CLP**, valor discutido previamente en la **Sección 6.2.3**.

En el **Gráfico 7.4** se esquematizan las tres posibles situaciones al evaluar la firma. En el primer caso la compañía sigue trabajando y ofreciendo los productos actuales de la misma forma en la que lo ha venido haciendo hasta la fecha, por lo cual vemos que el valor VAN esperado es

positivo (puesto ésta es rentable y se proyecta con una demanda positiva). Sin embargo, se observa que al implementar el proyecto, se esperaría que la rentabilidad de la firma aumentase, de forma independiente al tipo de escenario (pesimista u optimista) al cual ésta se enfrente al implementar la estación de doble haploidía. Esto se debe en parte al nuevo proceso ofertado, pero principalmente al hecho de que la firma tendría un aumento importante en el análisis del tipo SG2, extraídos directamente desde la demanda de la competencia.

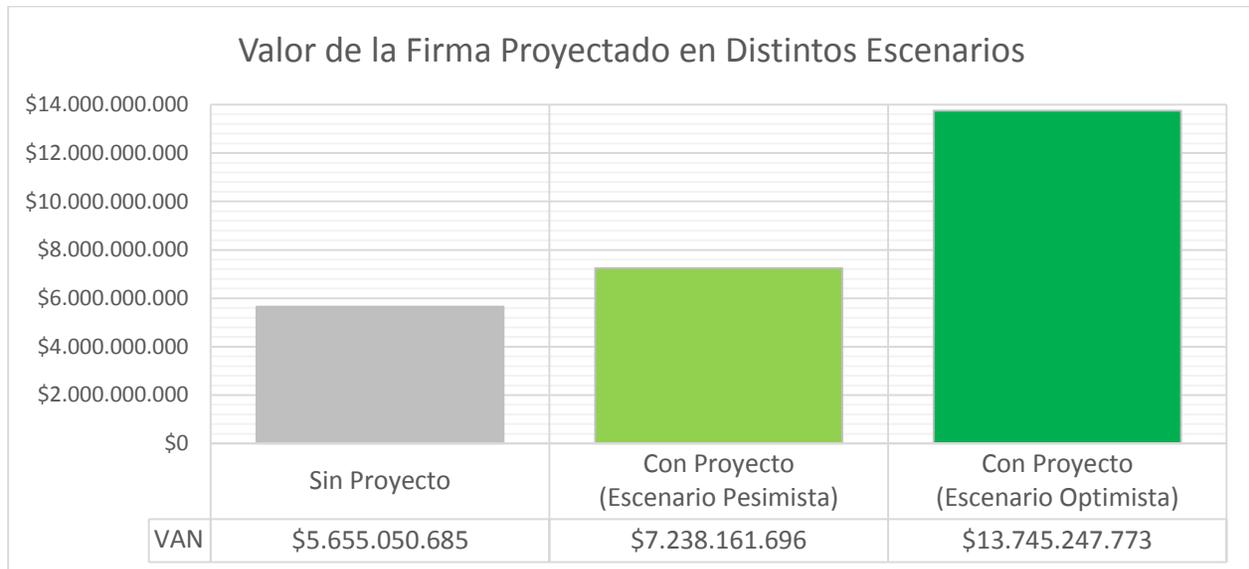


Gráfico 7.4. Valor de la firma bajo distintos escenarios y para la situación del *con* y *sin* Proyecto.

7.3 CONCLUSIONES FINALES AL ESTUDIO

Del análisis realizado en este trabajo, se concluye que la firma debiese implementar el proyecto planteado, correspondiente al desarrollo de una Estación de Servicios de Doble Haploidía, la cual tendría el potencial de beneficiar a la compañía incrementando su valor hasta en \$8.090 millones de CLP. Respecto al mercado, la situación actual de éste facilita a la firma su crecimiento en la diversificación de productos, puesto actualmente existe una necesidad creciente por compañías con servicios integrados para los proceso de SG1 ▶ DH ▶ SG2, tecnologías donde se requieren herramientas biotecnológicas en las cuales la empresa tiene experticia.

Para poder llevar a cabo esta implementación con éxito, se deberá gestionar la ejecución precisa de ciertas condiciones clave. La primera corresponde a la necesidad de aumentar la capacidad actual de planta, lo cual implica nuevas inversiones tanto en personal capacitado como en equipamiento de trabajo.

Un segundo requerimiento relacionado al anterior, es la necesidad de ampliar las horas en la cual la planta se mantiene activa, pasando desde 8 horas por jornada laboral hasta 10. Esto último se puede lograr abriendo los horarios de entrada y salida del personal, e implementando

un plan de capacitación de éste para que sea capaz de realizar tareas cruzadas en todas las facilities, en horarios donde no necesariamente este presente el principal operario a cargo.

Un tercer factor importante corresponde a la necesidad de la empresa de aumentar su banco de marcadores moleculares para lograr ser más atractiva para los clientes. Esto debe ir de la mano con campañas de marketing efectivas, dando a conocer el crecimiento de las herramientas que la firma actualmente posee. Adicionalmente, debido a que los programas de asistencia a clientes son uno de los servicios más reconocidos de la compañía, éstos debiesen ser potenciados con la finalidad de reforzar esta cualidad como una de sus competencias centrales.

Financieramente hablando, índices como el valor EBITDA proyectan mayores ganancias antes de impuestos, evaluadas desde \$133 millones de CLP a partir del primer año de implementación del proyecto. Desde el punto de vista de los inversionistas, se determinó el valor WACC como un 4,38% en la condición actual de la compañía, el cual aumenta a 5,26% al evaluar la implementación de la estación DH, esto significaría que la implementación del proyecto es un mayor riesgo de inversión para los accionistas, que podría compensarse con mayores retornos.

Finalmente, a través del Valor Actual Neto fue posible calcular el nivel de beneficio esperado para la compañía en ambas situaciones, con lo cual se determinó el impacto positivo causado por la implementación del proyecto sobre el valor de la firma. Dependiendo del nivel de respuesta de los clientes sobre el nuevo servicio ofertado, se estima que el valor incrementaría desde \$7.238 millones de CLP en escenarios pesimistas, hasta \$13.745 millones de CLP en condiciones optimistas, indicador que nos permite señalar que efectivamente el siguiente paso de la compañía debiese ser la implementación de la estación para tratamientos de haploidía.

BIBLIOGRAFÍA.

- Administración de Servicios. Estrategias de marketing, operaciones y recursos humanos, primera edición. Christopher Lovelock (Yale School of Management). Fecha de publicación: Año 2004.
- Microeconomía, séptima edición. Robert S. Pindyck (Massachusetts Institute of Technology) y Daniel L. Rubinfeld (University of California, Berkeley). Fecha de publicación: Año 2009.
- Principios de Administración de Operaciones, séptima edición. Jay Heizer (Business Administration Texas Lutheran University) y Barry Render (Operations Management Crummer Graduate School of Business, Rollins College). Fecha de publicación: Año 2009.
- Principios de Finanzas Corporativas, novena edición. Richard A. Brealey (London Business School), Stewart C. Myers (Sloan School of Management Massachusetts Institute of Technology) y Franklin Allen (The Wharton School University of Pennsylvania). Fecha de publicación: Año 2010.