

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE PRÓTESIS DENTALES
EN LA FUNDACIÓN CLÍNICAS SIN
FRONTERAS DURANTE EL TERCER
CUATRIMESTRE DEL CICLO 2021

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA
OPTAR POR LA LICENCIATURA EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL

ALUMNO: MARCO ANTONIO ÁLVAREZ CASTRO

TUTORA: ING. DIANA CÓRDOBA PÉREZ

HEREDIA, OCTUBRE, 2021

Acta de aprobación

ACTA DE ACEPTACION DE DEFENSA VIRTUAL

ACTA DE MODALIDAD DE GRADUACION

CONSTANCIA DE MODALIDAD VIRTUAL

MODALIDAD DE GRADUACION: Tesis

CARRERA: Ingeniería Industrial

Quien suscribe, Mara Adona Alvarez Castro, portador del documento de identificación número 2-0752-0058, en mi condición de egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, por medio de la presente **ACEPTO EXPRESAMENTE**, por medio de éste documento que:

1. La defensa de la modalidad de graduación para optar al grado de Licenciatura en la carrera de Ingeniería Industrial, se realice de forma virtual y no presencial.
2. Acepto expresamente sea grabada, siendo que la misma será utilizada estrictamente para fines académicos.
3. Me comprometo a que, en la hora y fecha señalada, salvo razones de fuera mayor o caso fortuito, los cuales deberé de acreditar, contar con los accesos a la plataforma virtual de la universidad mediante la modalidad teams o la que asigne previamente la Universidad.
4. A acatar las instrucciones para dicho evento, tanto que giren las Autoridades Académicas como el Tribunal Examinador, antes, durante y posterior al mismo.
5. A firmar físicamente la documentación que se requiera, en la oportunidad y tiempo que el Decreto de Emergencia Nacional, sea levantado.
6. Conozco y acepto que los plazos y términos, para eventuales acciones recursivas contra resultado final, que corren a partir del día siguiente hábil a que he sido comunicado del mismo.

Firmo conforme:  Fecha: 9-Jun-2022

NOTA: SI EL ESTUDIANTE POSEE FIRMA DIGITAL DEBE DE EMPLEAR LA MISMA Y ENVIARLA AL CORREO ELECTRONICO jessica.ramirez@uh.ac.cr, SI NO LA POSEE DEBE DE FIRMARLA FISICAMENTE Y ENVIAR UNA COPIA ESCANEADA AL MISMO CORREO.

Carta de la tutora

Universidad Hispanoamericana
Carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante, ALVAREZ CASTRO MARCO ANTONIO, cédula de identidad número 2-0752-0058, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PRÓTESIS DENTALES EN LA FUNDACIÓN CLÍNICAS SIN FRONTERAS DURANTE EL TERCER CUATRIMESTRE DEL CICLO 2021**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones. De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINALIDAD DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	18
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20
	TOTAL	100%	96

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,



Ing. Diana Córdoba Pérez, MSc, MEd.

Carta del lector

San José 25 mayo 2022

Departamento de Registro
UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

Estimados Señores:

Por medio de la presente informo que el estudiante **MARCO ANTONIO ÁLVAREZ CASTRO** ha presentado las correcciones exigidas en el proceso de lectura del trabajo de investigación "**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PRÓTESIS DENTALES EN LA FUNDACIÓN CLÍNICAS SIN FRONTERAS DURANTE EL TERCER CUATRIMESTRE DEL CICLO 2021.**" cumpliendo este requisito de forma satisfactoria.

Por esta razón, se **autoriza** para que el estudiante continúe con su proceso de proyecto graduación con miras a la defensa del trabajo de investigación ante el tribunal examinador competente.

Se despide.

MIGUEL
EDUARDO
RODRIGUEZ
ACOSTA (FIRMA)



Firmado digitalmente
por MIGUEL EDUARDO
RODRIGUEZ ACOSTA
(FIRMA)
Fecha: 2022.05.29
21:37:58 -06'00'

Ing. Miguel Rodríguez Acosta
Docente, CFIA, II-31581
Escuela de Ingeniería Industrial
UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Marco Antonio Álvarez Castro, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 2-752-058 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Optimización de proceso de producción de prótesis dentales en la Fundación Clínicas Sin Fronteras durante el tercer cuatrimestre del año dos mil veintiuno, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 8 días del mes de marzo del año dos mil veintidós.



2-752-058

Firma del estudiante

Cédula

Autorización del autor

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION

San José, 23 – Junio - 2022

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Marco Antonio Álvarez Castro con número de identificación 2-0752-0058 autor (a) del trabajo de graduación titulado Optimización del proceso de producción de prótesis dentales en la Fundación Clínicas Sin Fronteras durante el tercer cuatrimestre del ciclo 2021 presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar por el título de Licenciado; **(SI / NO)** autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,



2-0752-0058

Firma y Documento de Identidad

Dedicatoria

A D-os, Gran Arquitecto Del Universo. A mis padres, mis hermanos, mi amada y a toda persona que haya influido para que este hombre libre llegara aquí.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a la Fundación Clínicas Sin Fronteras, en especial al señor Don Javier Malca Salas, fundador de la empresa y a Ítalo Malca Gerente General, por darme la oportunidad de llevar a cabo mi proyecto allí.

Agradezco a la Iglesia de Jesucristo de los Santos De Los Últimos Días, por apoyarme financieramente a lo largo de mi carrera universitaria.

Agradezco a mi tutora, la Ingeniera Diana Córdoba Pérez por aportar su filosofía a mi proyecto y más aún, a mi vida.

Agradezco a cada uno de los excelentes docentes que me enseñaron y guiaron en el camino del ingenio y la mejora.

Epígrafes

“No podemos convertirnos en lo que queremos, si seguimos siendo lo que somos.”

Max De Pree.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	19
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	20
1.1.1 <i>Crecimiento de la industria dental en el país</i>	22
1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.....	23
1.2.1 <i>Organigrama de la Fundación</i>	25
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	27
1.4.1 <i>Objetivos Específicos</i>	27
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	28
<i>Alcances</i>	28
<i>Limitaciones</i>	28
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	29
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA	30
2.1.1 <i>Ingeniería industrial</i>	30
2.1.2 <i>Optimización de procesos</i>	30
2.1.3 <i>Producción</i>	30
2.1.4 <i>Diseño de procesos</i>	31
2.1.5 <i>Estudio de tiempos y movimientos</i>	32
2.1.6 <i>Six Sigma</i>	33
2.2 MARCO CONCEPTUAL ATENIENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO	34
2.2.1 <i>Definir:</i>	35
2.2.2 <i>Medir</i>	38
2.2.3 <i>Analizar</i>	40
2.2.4 <i>Diseñar</i>	42
2.2.5 <i>Verificar</i>	46
2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO	50

2.3.1 Prótesis flexible:.....	50
2.3.2 Prótesis de acrílico:.....	51
2.3.3 Prótesis total natural:	51
2.3.4 Prótesis parcial:	52
2.3.5 Prótesis total:	53
2.4 EXPERIENCIAS SIMILARES, ANTECEDENTES, COMO ABORDAR PROCESOS.....	54
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	56
3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	57
3.1.1 Entrevistas	57
3.1.2 Diagrama de flujo.....	57
3.1.3 Matriz de prioridad y criterios de selección	57
3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DE PROYECTO	59
3.2.1 Análisis de pérdidas en la fase específica a trabajar	59
3.2.2 Diagrama de Ishikawa	59
3.2.2 Tabla sobre descartes de espinas	59
3.2.3 Matriz de Relación	59
3.2.4 Diagrama de Pareto.....	59
3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO	61
3.3.1 Rediseño de procesos	61
3.3.2 Diagrama de operaciones.....	61
3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	62
3.4.1 Layout.....	62
3.4.2 Análisis económico	62
3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS	63

3.5.1 Kanban	63
CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS	64
4.1 ENTREVISTAS	65
4.1.1 Gráfico de capacidad de producción diaria	66
4.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE TODAS LAS FASES	68
4.2.1 Etapa 1. Rodetes	68
4.2.2 Etapa 2. Estética	70
4.2.3 Etapa 3. Procesado	72
4.2.4 Etapa 4. Inyección	75
4.3 MATRIZ DE PRIORIDAD Y CRITERIOS DE SELECCIÓN	77
4.4 ANÁLISIS DE PÉRDIDA POR INCUMPLIMIENTO EN COMPROMISO DE ENTREGA DENTRO DE LA FASE DE INYECCIÓN	79
4.5 DIAGRAMA DE ISHIKAWA	81
4.5.1 Descartes de espigas de Ishikawa	83
4.6 MATRIZ DE RELACIÓN	84
4.7 DIAGRAMA DE PARETO	87
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	89
5.1 REDISEÑO DE PROCESOS	90
5.2 DIAGRAMA DE OPERACIONES	93
5.3 REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA (LAYOUT)	95
5.3.2 Layout propuesto para la fase de inyección	99
5.4 ANÁLISIS ECONÓMICO	100
5.4.1 Cálculo del valor actual neto (VAN)	107
5.4.2 Cálculo la tasa interna de retorno (TIR)	110
5.5 KANBAN	111
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
6.1 CONCLUSIONES	114

6.2 RECOMENDACIONES	116
BIBLIOGRAFÍA	117
APÉNDICES	121

FIGURAS

Figura 1. Compromiso de las entregas de prótesis terminadas.	20
Figura 2. Pérdida dental en adultos mayores en Costa Rica.....	22
Figura 3. Logo de la Fundación Clínicas Sin Fronteras (2021)	24
Figura 4. Organigrama de la Fundación CSF (2021)	25
Figura 5: DMADV Process. (Ejemplo)	34
Figura 6: Diagrama de flujo (Ejemplo).....	36
Figura 7: Matriz de selección. (Ejemplo)	37
Figura 8: Diagrama de Ishikawa. (Ejemplo).....	40
Figura 9: Diagrama de Pareto. (Ejemplo)	42
Figura 10: Elementos del diagrama de operaciones. (Ejemplo)	44
Figura 11: Diagrama de operaciones. (Ejemplo)	45
Figura 12: Diagrama de planta. (Ejemplo).....	46
Figura 13: Valor Actual Neto. (Ejemplo)	47
Figura 14: Tasa interna de Retorno. (Ejemplo)	48
Figura 15: Kanban. (Ejemplo).....	49
Figura 16: Prótesis flexible. (Ejemplo).....	50
Figura 17: Prótesis de acrílico. (Ejemplo).....	51
Figura 18: Prótesis total natural. (Ejemplo)	52
Figura 19: Prótesis parcial. (Ejemplo)	52
Figura 20: Prótesis total. (Ejemplo)	53
Figura 21. Planeamiento de la etapa definir.	58
Figura 22. Planeamiento etapa de medir y analizar	60
Figura 23. Planeamiento etapa de diseñar.....	61
Figura 24. Planeamiento etapa de diseñar.....	62
Figura 25. Planeamiento etapa de verificar.....	63
Figura 26. Gráfico capacidad diaria en laboratorio dental.	66
Figura 27. Flujo de los procesos en Rodetes (ANSI).	69

Figura 28. Flujo de procesos de Estética (ANSI).....	71
Figura 29. Flujo de los procesos en Procesado (ANSI).....	74
Figura 30. Flujo de procesos en inyección (ANSI).	76
Figura 31. Diagrama causa – raíz o Ishikawa.	81
Figura 32. Relaciones entre factores, procesos y tiempos.	85
Figura 33. Resultado final de la matriz de relación.....	86
Figura 34. Pareto respecto a las tres principales urgencias.	88
Figura 35. Diagrama de Operaciones fase Inyección.....	94
Figura 36. Vista general del laboratorio.....	95
Figura 37. Layout actual.	98
Figura 38. Propuesta de Layout.	99
Figura 39. Fórmula del VAN.	107
Figura 40. Inversión inicial y valor futuro en 3 periodos (meses).....	108
Figura 41. Desarrollo del VAN.....	109
Figura 42. Desarrollo del TIR por interpolación lineal.....	110
Figura 43. Implementación de Kanban para la verificación.	112

TABLAS

Tabla 1. Procesos de Rodetes con sus descripciones y tiempos.	68
Tabla 2. Procesos de Estética con sus descripciones y tiempos.	70
Tabla 3. Procesos de procesado con sus descripciones y tiempos. ..	72
Tabla 4. Procesos de inyección con sus descripciones y tiempos.	75
Tabla 5. Matriz de Prioridad.	77
Tabla 6. Ingresos por venta de prótesis para la fase de inyección.	79
Tabla 7. Análisis de ingresos atrasados en la fase de inyección.	80
Tabla 8. Criterios de descarte en espinas del diagrama de Ishikawa.	83
Tabla 9. Procesos y sus factores relacionados entre sí.	84
Tabla 10. Datos para diagrama de Pareto.	87
Tabla 11. Propuesta de tiempos con “back up”	90
Tabla 12. Propuesta de distribución de casos.	91
Tabla 13. Costo de electricidad con las máquinas implementadas. .	101
Tabla 14. Salario aproximado del nuevo técnico.	102
Tabla 15. Inversión en máquinas y recursos de trabajo.	103
Tabla 16. Egresos de la fase de inyección (Supuesto).	104
Tabla 17. Ingresos netos primer mes (Supuesto).	105
Tabla 18. Ingresos netos segundo mes (Supuesto).	106
Tabla 19. Ingresos netos tercer mes (Supuesto).	106

Acrónimos y siglas

DMADV: Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar.

MIN: Minutos.

HRS: Horas.

RDT: Rodetes.

ETC: Estética.

PRD: Procesado.

IYC: Inyección.

MO: Mano de obra.

MQ: Maquinaria.

MA: Medioambiente.

TIR: Tasa interna de retorno.

VAN: Valor actual neto.

ANSI: American National Standards Institute / Instituto Nacional Estadounidense de Estándares.

ASME: American Society of Mechanical Engineers / Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

kWh: Kilowatts por hora.

CCSS: Caja Costarricense de Seguro Social.

INS: Instituto Nacional de Seguros.

CSF: Clínicas Sin Fronteras.

Resumen ejecutivo y artículo publicable

Álvarez, Marco. Universidad Hispanoamericana de Costa Rica, octubre 2021. “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PRÓTESIS DENTALES EN LA FUNDACIÓN CLÍNICAS SIN FRONTERAS DURANTE EL TERCER CUATRIMESTRE DEL CICLO 2021”. Tutora, Ing. Diana Córdoba Pérez.

El presente proyecto se enfoca en un estudio detallado sobre una problemática relacionada al incumplimiento de entrega de prótesis dentales en el tiempo establecido por medio de una incapacidad de la producción total de los pedidos, o bien, por la falta de una optimización en la producción, dentro del laboratorio dental de la Fundación Clínicas Sin Fronteras para el período del tercer cuatrimestre del año dos mil veintiuno y abarcando parte del primer cuatrimestre del año dos mil veintidós.

Siendo así, que se toma la decisión de implementar la metodología DMADV (Definir, medir, analizar, diseñar y verificar) dentro de este proyecto, para abordar la problemática desde una visión general como si esta fuese una enfermedad y el ingeniero el doctor que la va a tratar.

Pasando por los síntomas hasta encontrar la verdadera causa y usando el intelecto y la imaginación para diseñar un remedio a dicha problemática y así transformarla en una oportunidad de crecimiento corporativo.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción general del proyecto

Este proyecto se lleva a cabo dentro del laboratorio central de producción de prótesis dentales, en la Fundación Clínicas Sin Fronteras, con la finalidad de identificar cuellos de botella, para minimizar los que afectan en mayor medida la capacidad productiva del área.

El objetivo y compromiso del área de producción para con el cliente, es preparar las prótesis y finalizarlas en un plazo de 7 días, sin embargo, el área estima que hay un 28% o 2 días de atraso e incumplimiento frecuente con el cliente en la producción de prótesis dentales. Esto en el mejor de los casos, ya que el área comunica que la demanda es lo suficientemente grande para la capacidad y fluidez que presenta el área y muchas veces hay retrasos de un 100% o catorce días en algunas prótesis.

Compromiso de la empresa para entrega de las prótesis

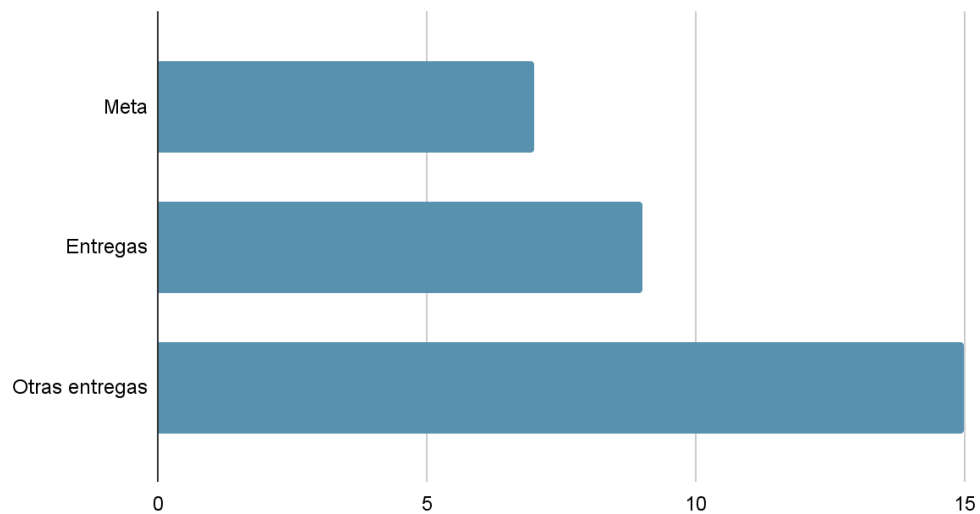


Figura 1. Compromiso de las entregas de prótesis terminadas.

Fuente: Propia. (2022)

Esta demanda ha ido incrementando con el pasar de los años e incluso, a pesar del factor pandemia, la demanda no ha dejado de crecer y esto es un claro indicio de que la fundación se está expandiendo y necesita aumentar su capacidad en algunas áreas, en especial en el área del laboratorio de producción dental, ya que se reflejan diversos cuellos de botella y en especial en una estación en específico.

El presente proyecto, también plantea la posibilidad de ser implementado, ya que se demuestra con el uso de la ingeniería industrial, en especial la rama de la programación y control de producción, que realmente si hay una problemática, pero más allá, una oportunidad de mejora, de la que se puede sacar provecho desde el corto, mediano y largo plazo.

1.1.1 Crecimiento de la industria dental en el país

Según el Colegio de Cirujanos Dentistas de Costa Rica, para el año 1900, había 12 profesionales de la salud dental ejerciendo en la capital y uno de ellos en Alajuela. Hoy día, tal profesión se ve saturada por la baja demanda y alta oferta que posee.

Por otra parte, es importante recalcar que Costa Rica fue uno de los primeros países en Latinoamérica en contar con los servicios y productos de ortodoncia.

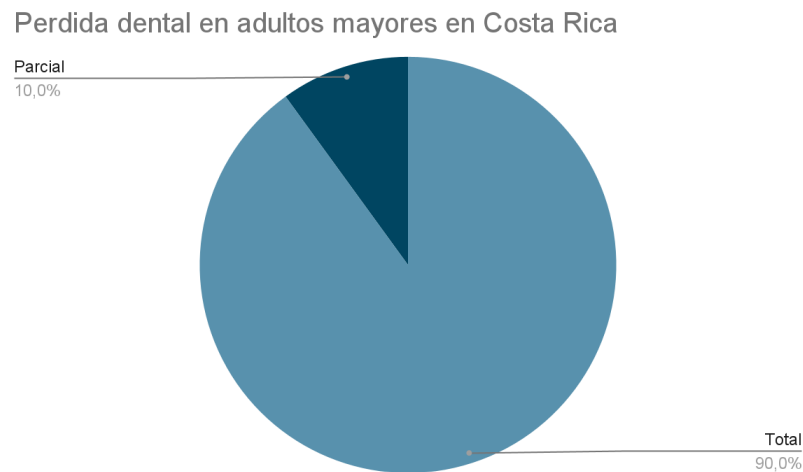


Figura 2. Pérdida dental en adultos mayores en Costa Rica.

Fuente: U.C.R. (2014)

La Asociación Costarricense de Especialistas en Periodoncia (ACEP, 2014) menciona que el “90% de los adultos mayores pierde las piezas dentales y la principal causa es la mala higiene bucodental” (p.1). Aunado a lo anterior, Brenes y Hoffmaister (2004) y Murillo (2011) explican que existe una

problemática de salud pública, en cuanto a la salud bucal en las personas adultas mayores con necesidades de atención urgente de servicios de salud. (Mario Amador Cedeño, Rosita Ulate Sánchez, en NEEDS OF THE OLDER ADULT POPULATION IN DENTAL CARE, UNIVERSIDAD OF COSTA RICA, 2020)

Por otra parte, se puede observar que para el año 2020, la población de adultos mayores era de más de 453,000.

Pese a que esta es la realidad del país, quienes encargan las prótesis de la Fundación Clínicas Sin Fronteras, son en su mayoría adultos entre los 35 y 55 años, ya que es una parte de la población que aún interesa en gran medida por su apariencia estética.

1.2 Identificación de la empresa

La Fundación Clínicas Sin Fronteras, es una organización sin fines de lucro, que ha venido generando paz social por medio del acceso real a la salud. Fue creada en el año 2002 de manera oficial, sin embargo, desde antes sus fundadores, eran reales creyentes de que la salud debe ser de acceso a todo el mundo.

Se caracteriza por la calidad y el costo accesible que sirve como soporte especial para aquel sector de la población que muchas veces se le imposibilita adquirir tales servicios en centros clínicos privados, pero sus ideales, han venido generando que todo tipo de personas, se acerquen a la empresa a solicitar sus productos y servicios.



Figura 3. Logo de la Fundación Clínicas Sin Fronteras (2021)

Fuente: Fundación C.S.F. (2021)

Actualmente, cuentan con 30 servicios de salud, 19 clínicas, más de 4,500,000 de citas atendidas y 19 años de experiencia.

La misión de la Fundación es: “Brindamos servicios de salud, con calidad, que permite a la población que lo requiera, un real acceso a los mismos. Sincerando los precios del mercado y apoyando a la Salud Pública.” (Fuente)

La visión de la Fundación es: “Ser la mejor alternativa de acceso real a la salud en el mundo, creando nuevos paradigmas, para generar Paz Social.” (Fuente)

La Fundación también cuenta con valores, los cuales son: “Integridad, orientación al paciente, compromiso, responsabilidad, respeto y trabajo en equipo.” (Fuente)

1.2.1 Organigrama de la Fundación

Se cuenta con un organigrama que contiene los encargados principales y posterior la gerencia general de toda la fundación.

También, con tres tipos de sub gerencia que rigen las 14 áreas laborales de la compañía.

En el caso del laboratorio dental, este trabaja en conjunto con la Dirección Odontológica la cuál labora bajo la Gerencia Médica.

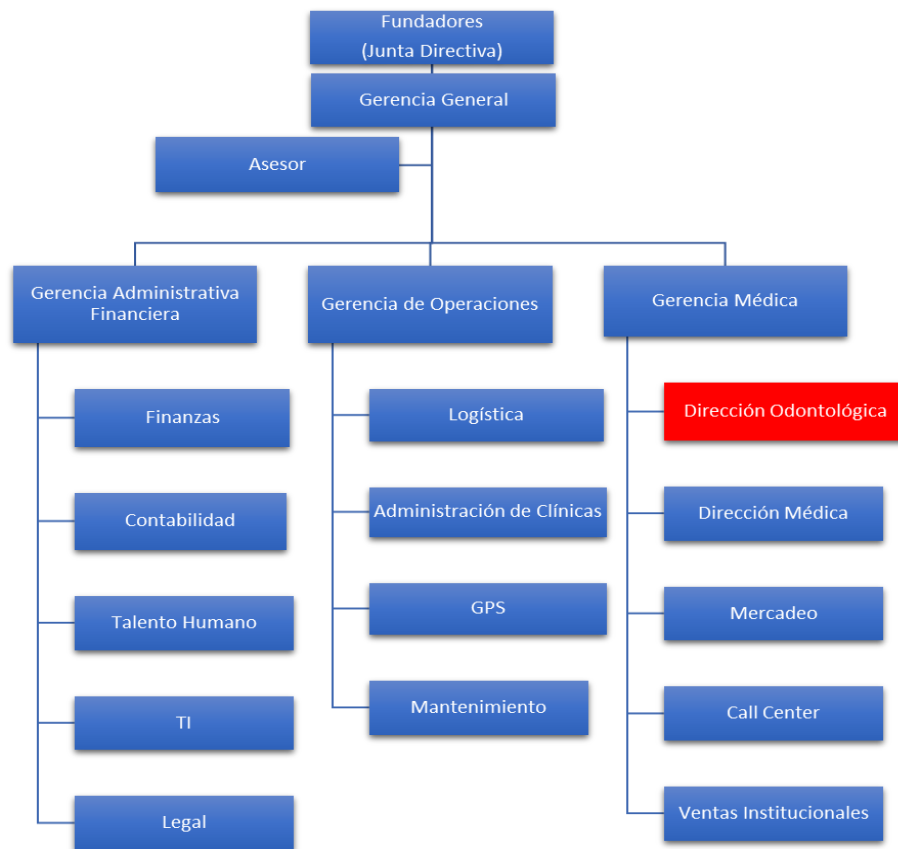


Figura 4. Organigrama de la Fundación CSF (2021)

Fuente: Fundación C.S.F. (2022)

1.3 Planteamiento del problema

En la actualidad, el laboratorio dental de la Fundación Clínicas Sin Fronteras, donde se llevó a cabo este proyecto, presenta una problemática de incumplimiento en el compromiso de entrega para con el cliente, mediante una saturación en la producción de prótesis dentales, a la cual no se le puede hacer frente en su totalidad, con los recursos actuales.

Por medio de entrevistas con la supervisora y los técnicos, se determina que no logran cumplir las metas de entrega. Entre los pedidos de prótesis dentales, hay muchos que son prioritarios y algunos ortodoncistas presionan al área para que los terminen. Estos pedidos muchas veces son un obstáculo, ya que si los trabajadores están procesando los casos diarios y un ortodoncista comunica la urgencia, los técnicos deben dejar lo que están haciendo para cumplir con dicho ortodoncista.

Este planteamiento, se formula a partir de observación y de entrevista con los encargados y por ello se determina que es una situación que adolece al área por:

- Atrasos del producto terminado con relación a la demanda.
- Falta de capacidad de maquinaria y de herramientas.
- Exceso de documentación manual.
- Espacio muy reducido o mal administrado.
- Pedidos prioritarios sin notificación previa.
- Puestos de trabajo no estandarizados. No hay manuales de puesto.
- Falta de algún ingeniero en el área. (Frecuente)

Se puede analizar, que, al ser prótesis dentales, no tienen un estándar definido en procesos estéticos, porque hay demasiadas variables, así que solo las metodologías que se usan en cada fase de la producción.

Es por esto, que se centra este trabajo, en buscar una solución a un costo razonable, con un retorno de la inversión en el mediano plazo y que pueda amortiguar gastos nuevos desde el inicio de su implementación.

1.4 Objetivo General

Optimizar el proceso de producción de prótesis dentales en el laboratorio dental de la Fundación Clínicas Sin Fronteras durante el tercer cuatrimestre del ciclo 2021, a través de la metodología DMADV, para el abastecimiento de la demanda creciente.

1.4.1 Objetivos Específicos

- Desarrollar una investigación en cada una de las fases del área de producción dental, planteando la posibilidad y factibilidad para la definición del problema.
- Medir la situación actual del área de producción de prótesis dentales a enfocarse respecto a su capacidad productiva.
- Analizar las dolencias más influyentes en el campo estudiado para tomar ventaja e ir planteando una posible solución.
- Diseñar una propuesta de mejora que solvete dicha problemática.
- Comprobar a nivel financiero la rentabilidad del proyecto diseñado en la estación estudiada para su implementación.

1.5 Alcances y limitaciones

Alcances

La implementación del proyecto Optimización del proceso de producción de prótesis dentales, abarca las instalaciones centrales de la Fundación Clínicas Sin Fronteras, específicamente en el área de producción del laboratorio dental y plantea impactar de forma significativa la poca capacidad de producción, para poder así solventar la demanda y minimizar los pedidos pendientes.

Limitaciones

La falta de ingenieros industriales en el área conlleva un doble trabajo, ya que se amerita educar al área con respecto a la ingeniería, mientras se lleva a cabo la investigación y desarrollo del proyecto.

Hay procesos dentro del laboratorio que no se pueden estandarizar de manera uniforme, porque son detalles especificados por odontólogos y cada prótesis es diferente.

El acceso a la información interna e historiales de producción es muy bajo, no se provee ese tipo de información.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

A continuación, se detallan los conceptos teóricos fundamentales, correspondientes a la carrera de ingeniería industrial, dado que es la base del presente proyecto.

2.1.1 Ingeniería industrial

La ingeniería industrial es la aplicación de un conjunto de metodologías para la mejora en cualquier área, tanto profesional, así como en la vida cotidiana. Según Acevedo A. (2012) “La ingeniería industrial se ocupa del diseño, la mejora y la instalación de sistemas integrados de hombres, materiales, equipos y energía. Se alimenta del conocimiento especializado y de la habilidad en las ciencias matemáticas, físicas y sociales, junto con los principios y métodos de análisis y diseño de ingeniería para especificar, predecir y evaluar los resultados que se obtendrán de esos sistemas.”

2.1.2 Optimización de procesos

“La optimización de procesos es una metodología que busca dar solución a los errores, inconvenientes o problemáticas de los diversos procesos, logrando la eficiencia y la eficacia de estos, reduciendo tiempos, costos y residuos.” M. Sastoque. (2021). Así, la optimización de procesos es la rama de la ingeniería industrial que utiliza otras ramas de la misma, para en conjunto poder elevar a niveles idóneos el trabajo cualquier área empresarial.

2.1.3 Producción

La producción se compone de la generación de producto que una empresa tiene para ofrecer. Abarca desde la forma en la que se elabora, hasta

que se concluye el producto en todas sus características. Un tema importante relacionado a la producción, es la producción en línea, donde se puede destacar lo siguiente con un ejemplo: Se refiere Gutarra F. (2016) “La clave del éxito de Henry Ford, residía en su procedimiento para reducir los costos de fabricación, por ello ideó el sistema de producción en serie o línea de montaje, dicho método consistía en instalar una cadena de montaje que iba desplazando automáticamente el chasis del automóvil hasta los puestos en donde sucesivos grupos de operarios realizaban las diferentes operaciones, hasta que el carro fuese terminado, esto permitía ganar eficiencias en el hecho de que los operarios no tuviesen que desplazarse, las actividades estaban definidas claramente y las partes estaban estandarizadas lo cual permitía una rápida reposición de las mismas y su instalación era menos costosas.”

2.1.4 Diseño de procesos

Mencionan Carro, R. y González, D. (2010) “El objetivo del diseño de procesos es encontrar una manera de producir bienes que cumplan con los requerimientos de los clientes, las especificaciones del producto dentro del costo y otras restricciones administrativas. El proceso seleccionado tendrá un efecto a largo plazo sobre la eficiencia y la producción, así como en la flexibilidad, costo y calidad de los bienes producidos por la empresa.”

2.1.5 Estudio de tiempos y movimientos

Tejada, N., Gisbert, V. y Pérez, A. (2017). Dicen que “El estudio de tiempo y movimiento es una herramienta la cual sirve para determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones que componen cualquier proceso, así como para analizar los movimientos que son realizados por parte de un operario para llevar a cabo dicha operación. El fin del estudio de tiempo y movimiento es evitar movimientos innecesarios que solo hacen que el tiempo de operación sea mayor. Los estudios empezaron en el siglo XVIII en Francia, cuando Perronet realizó estudios acerca de la fabricación de alfileres, pero no fue hasta finales del siglo XIX, con las propuestas de Frederick Taylor que estas se difundieron y fueron conocidas. Taylor fue llamado el padre de la administración científica y desarrollo en los 80's el concepto de “tareas”, en el que proponía que la administración se debía encargar de la planeación del trabajo de cada uno de sus empleados y que cada trabajo debía tener un estándar de tiempo basado en el trabajo de un operario muy bien calificado. Luego, los esposos Gilbreth, basados en los estudios de Taylor, ampliaron y desarrollaron el estudio de movimientos, dividido en 17 movimientos fundamentales llamados Therbligs (su apellido al revés).

2.1.6 Six Sigma

Herrera, J. (2011), comenta que “El Seis Sigma es una herramienta de mejoramiento que permite obtener organizaciones eficaces y eficientes, continuamente alineadas con las necesidades de los clientes. Se fundamenta en el trabajo en equipo como estrategia para generar las capacidades competitivas de la organización y de las personas involucradas. Para lograr estos objetivos el Seis Sigma está basado en cinco etapas que en su orden son: 1) definir el problema de calidad, 2) obtener la información adecuada de cada una de las variables críticas del proceso evaluando de igual forma sus sistemas de medición, 3) utilizar herramientas estadísticas que permitan analizar en forma adecuada cada una las variables críticas identificadas en el proceso, 4) optimizar el proceso para su mejora y 5) un efectivo control que nos permita realizar el seguimiento a estas mejoras.”

Es importante tomar en consideración que este proyecto busca apoyarse en conceptos importantes de Lean Manufacturing, el cuál es parte de la metodología del Six Sigma, donde radican 8 usuales desperdicios dentro de una empresa, de los cuales Taiichi Ohno, quién fue jefe de ingeniería para TOYOTA en los años 80's, diseño 7 de ellos. Siendo estos: sobreproducción, defectos, sobre procesamiento, desplazamientos innecesarios, esperas, transportes y exceso de inventario. Más adelante se añadiría el octavo: Desaprovechamiento del talento humano.

2.2 Marco conceptual ateniendo a la gestión del proyecto

Según Nohora H. (2013). “La metodología DMADV es un sistema de mejoramiento utilizado para desarrollar nuevos productos o procesos a niveles de calidad de seis sigmas, pero también puede ser utilizada cuando el proceso actual requiere un nivel de mejoramiento mayor al meramente incremental.”

Siendo esta la utilidad de la presente metodología se propone incorporar como piedra angular del proyecto, para mejorar directamente el proceso de producción actual que se estudiará a lo largo de esta investigación y así indirectamente impactar de forma positiva en las entregas del producto al cliente final.

Cada una de las letras de la metodología DMADV, tiene la misma relevancia dentro de un proyecto, una de la otra es indispensable.

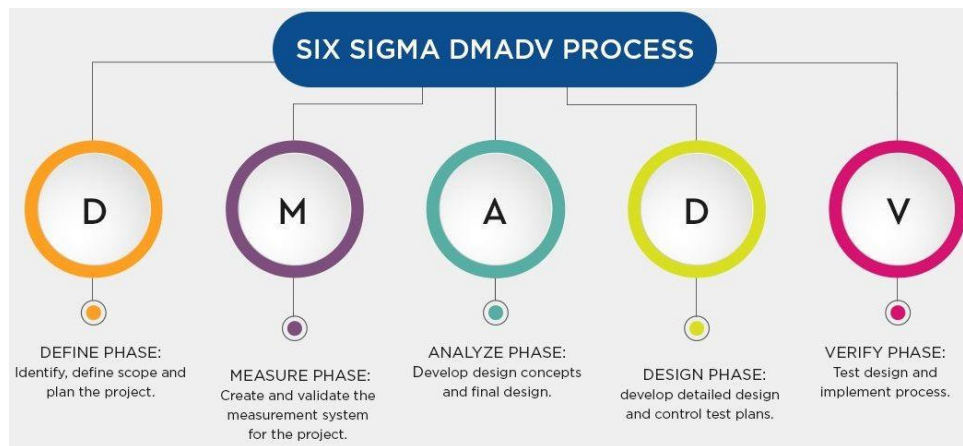


Figura 5: DMADV Process. (Ejemplo)

Fuente: Google. (2022)

2.2.1 Definir:

Gómez R. (2011) explica qué se trata de “Definir problemas y métricas que permitan establecer cómo los procesos y productos afectan los requerimientos de los clientes, los cuales se denominan CTQ (por sus siglas en inglés: Critical to Quality). En esta fase, también se determina el alcance del proyecto o las fronteras que delimitarán el inicio y el final del proceso que se busca mejorar.” Así como un escritor necesita una premisa para iniciar su obra de arte, un ingeniero industrial, necesita definir qué problema se puede convertir en una oportunidad de mejora para llevar a cabo un proyecto que convierta dicho objetivo en una realidad. Es por ello la importancia de definir el problema, para luego poder estudiarlo a profundidad. Esta es la base de la metodología.

Para definir el problema en este proyecto se pondrán en práctica las siguientes herramientas:

2.2.1.1 Entrevistas y brainstorming

Las entrevistas son un recurso importante al momento de iniciar una investigación. Pueden facilitar distintos puntos de vista dentro de las diversas áreas de trabajo y enriquecer la recolección de información, para posteriormente poder cuantificar los datos recopilados.

López, B. (2014). Se refiere al concepto de Brainstorming, como “Una reunión o dinámica de grupo que se realiza frecuentemente por parte de un moderador con el objetivo de favorecer la generación de ideas nuevas o la mejora de las existentes. Esta actividad se realiza a partir de la premisa de que un grupo de personas genera más que una sola.”

2.2.1.2 Diagramas de flujo

Valdés, L. (2005), menciona que “La diagramación es una herramienta que nos permite representar en forma gráfica los procesos de una empresa y observar las actividades en conjunto, sus relaciones y cualquier incompatibilidad, cuello de botella o fuente de posibles ineficiencias. El análisis de procesos es el cambio más importante ocurrido en la evolución de la ciencia administrativa. La época moderna se caracteriza por la creciente preocupación por obtener soluciones completas, que tomen en cuenta todos los ángulos de una situación. El proceso permite observar la realidad tal cual es: integral, continua y orgánica.”

Dentro de las herramientas más utilizadas por los ingenieros industriales, se encuentran los diagramas de flujo, ya que es un recurso muy factible porque ayuda a comprender el comportamiento de los procesos y da una mayor visibilidad para estudiar y determinar factores importantes. Se desarrolla con base a los estándares de ANSI (American National Standards Institute)

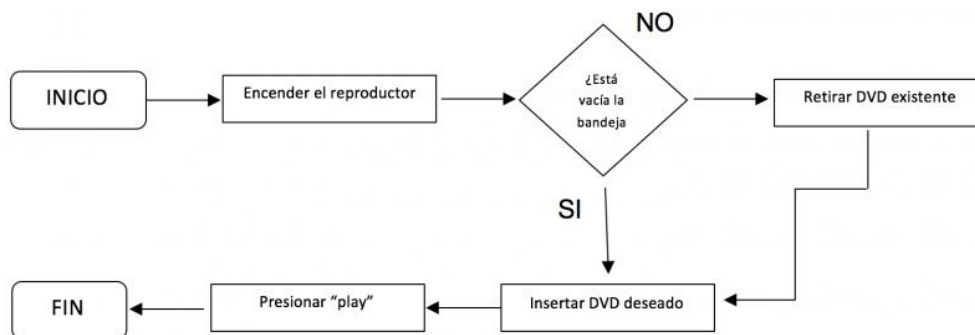


Figura 6: Diagrama de flujo (Ejemplo)

Fuente: Google. (2022)

2.2.1.3 Matriz de selección

Ya que posiblemente existan ciertas dolencias en el área, la matriz de prioridad contribuye a tomar decisiones en base a criterios de selección para así enfocar el tiempo de estudio en los problemas de mayor relevancia.

McCain, C. (2011). Hace referencia a la matriz de selección, exponiendo que “Una matriz de selección, también conocida como una matriz de priorización, es una técnica de clasificación jerárquica para evaluar proyectos potenciales, problemas, alternativas o soluciones propuestas basadas en un criterio específico o dimensiones de calidad.”

Matriz de selección			
Criterio	Alternativas		
	Solución propuesta A	Solución propuesta B	Solución propuesta C
A. Costo de implementación	3	4	5
B. Duración de entrenamiento	3	5	1
C. Tiempo de implementación	2	5	3
D. Alineamiento a la estrategia	3	5	2
E. Retorno de inversión	2	4	1
Puntaje total	108	2,000	30
Alternativa elegida	2	1	3

Figura 7: Matriz de selección. (Ejemplo)

Fuente: Cecilia McCain. (2011)

2.2.2 Medir

Como otro aporte, Gómez, R. (2011). Cita que: “Esta fase permite medir el desempeño actual del proceso que se busca mejorar a través de la medición de los CTQ26, los cuales permiten establecer cuantitativamente los defectos u oportunidades que se desarrollarán en las fases posteriores del proyecto. Esta medición se soporta en el diseño y ejecución de un plan de recolección de datos que incluye las fuentes primarias o secundarias de los mismos. Por último, se comparan los resultados actuales con los requerimientos del cliente para determinar la magnitud de la mejora requerida. En esta fase se recomienda la utilización de herramientas como diagramas de Pareto, causa efecto (espina de pescado) e indicadores de gestión que ayudan en la recolección de los datos relacionados con costos, eficiencia, eficacia, satisfacción y productividad.”

Una vez recopilada la información comienza la fase de cuantificar esos datos y así calcular el peso del problema. Es por ello que se plantean utilizar las siguientes herramientas como apoyo para una medición adecuada.

2.2.2.1 Análisis de atraso financiero

Este análisis, permite conocer cómo se comportan las finanzas del área que previamente se definió estudiar y sirve de apoyo como base, para futuros análisis económicos dentro del proyecto enfocados en rentabilidad.

2.2.2.2 Diagrama de Ishikawa o causa-efecto

Burgasí, D. (2021) expone que “El Diagrama de Ishikawa al ser una de las herramientas de calidad eficaces y eficientes en las acciones de disminución de un problema central, viene a ser un elemento fundamental, que posibilita examinar los elementos que intervienen en la calidad del producto/servicio mediante una interacción de causa y efecto, ayudando a sacar a la luz las causas de la dispersión y además a ordenar la relación entre las causas en un asunto que pueden estar enfocadas en diversos campos.”

Por la estructura que posee, se le conoce también como diagrama de pez y sirve para categorizar los problemas usualmente en seis factores:

1. Maquinaria: Son todos los elementos o equipos relacionados con automatización y que facilitan el trabajo de la mano de obra (La persona).
2. Método: Es la manera de hacer determinada actividad. Generalmente está muy guiado a los procesos de la empresa.
3. Medición: Todo lo que sea cuantificable dentro de un área de trabajo determinada.
4. Mano de obra: Se refiere a las personas o personal que desarrolla una actividad determinada en una empresa, ya sea de forma manual o que tenga incidencia o contacto en maquinaria.
5. Medio ambiente: Es el entorno de un área. Puede abarcar desde las condiciones internas, tanto externas que impacten en cierto grado a la organización.

6. Materiales: Pueden ser herramientas o insumos, que se utilizan constantemente en los procesos y que tienen una influencia directa con el trabajo realizado.

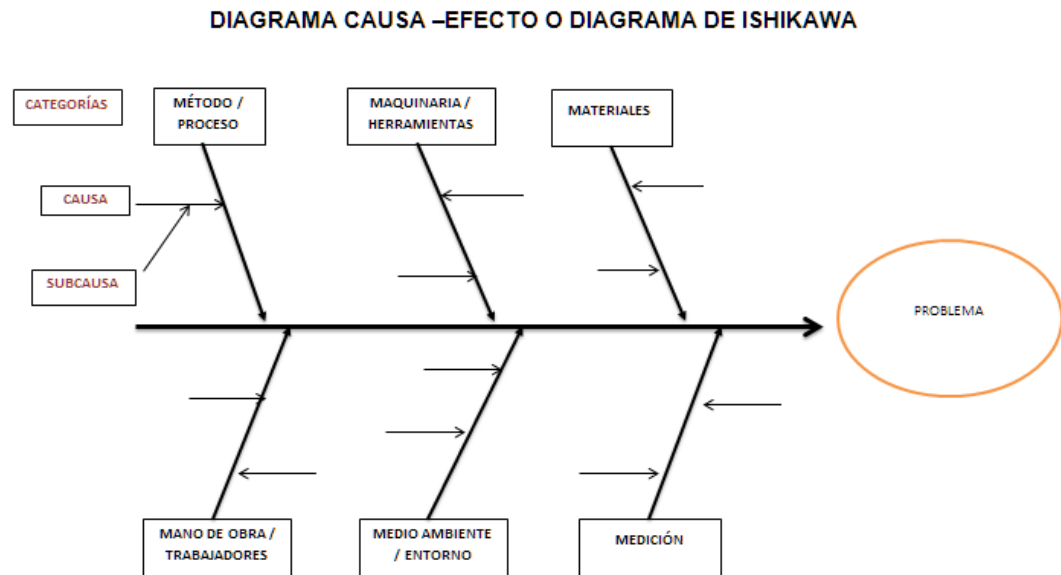


Figura 8: Diagrama de Ishikawa. (Ejemplo)

Fuente: Gómez, A. (2022)

2.2.3 Analizar

Gómez, R. (2011) se refiere al tercer punto de la metodología como: “Identificar las fuentes de variación (las X) como se genera el problema, y confirmar las X vitales con datos. En esta etapa se lleva a cabo el análisis de la información recolectada para determinar las causas raíz de los defectos y oportunidades de mejora. Posteriormente, se tamizan las oportunidades de mejora, de acuerdo con su importancia para el cliente, y se identifican y validan sus causas de variación. En este punto, se utilizan las herramientas analíticas y estadísticas para identificar las causas de los problemas.”

En la etapa del análisis se conocen las oportunidades más grandes de mejora. Por medio de un estudio amplio de los problemas que se trabajan, se pueden determinar oportunidades para diseñar y mejorar lo ya existente.

2.2.3.1 Matriz de relación

Por su nombre, sirve para determinar la relación numérica que existe entre varios factores y así conocer cuál es el más influyente y tomarlo como base del análisis.

2.2.3.2 Diagrama de Pareto

Domenech, J., menciona que “Es una representación gráfica de los datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar cuáles son los aspectos prioritarios que hay que tratar. También se conoce como “Diagrama ABC” o “Diagrama 20-80”. Su fundamento parte de considerar que un pequeño porcentaje de las causas, el 20%, producen la mayoría de los efectos, el 80%. Se trataría pues de identificar ese pequeño porcentaje de causas “vitales” para actuar prioritariamente sobre él. “

Por medio de estadística, el diagrama de Pareto permite seleccionar las causas más importantes en torno a un problema en específico y darles un orden de acuerdo a su impacto.

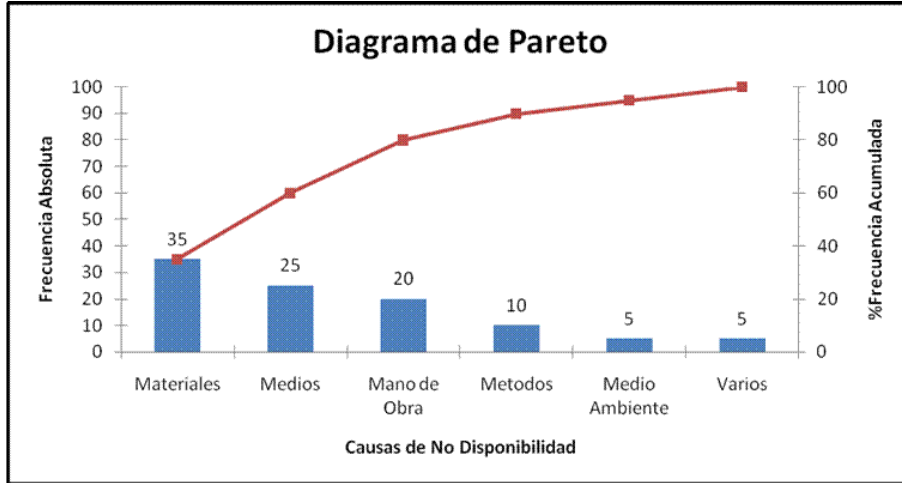


Figura 9: Diagrama de Pareto. (Ejemplo)

Fuente: Google. (2022)

2.2.4 Diseñar

A. Camacho, A. Arenas, M Duque, A. (2012). Se refieren como: “La palabra diseño representa en consecuencia una dificultad que debe ser resuelta por medio de una clara caracterización de su significado en un contexto dado, en este caso, en ingeniería. Es el arte de imaginar y crear cosas útiles capaces de satisfacer necesidades.”

En esta fase se plantea poner en práctica la creatividad sobre una situación ya conocida, previamente medida y analizada, para así brindar un remedio que reduzca o elimine dicho problema.

2.2.4.1 Rediseño de procesos

Pérez, G. (2017) dice lo siguiente: “La reingeniería de procesos es una herramienta administrativa la cual consiste en estudiar los procesos productivos de organizaciones de cualquier sector, y a través del cual se pueden rediseñar procesos productivos realizando modificaciones en dichos procesos, los cuales van a repercutir en el rendimiento medio de costes, tiempo de ciclo, calidad del servicio y calidad del producto. “

El rediseño de procesos se ajusta a solucionar los conflictos en procesos por medio de mejorar lo existente. Es innovación y por lo tanto requiere ingenio para llevarse a cabo y va a variar de acuerdo a las necesidades.

2.2.4.2 Diagrama de operaciones

Torres, B. (2014) dice que el diagrama de operaciones de procesos “Es la representación gráfica de los puntos en los que se introducen materiales en el proceso y del orden de las inspecciones y de todas las operaciones, excepto las incluidas en la manipulación de los materiales; además, puede comprender cualquier otra información que se considere necesaria para el análisis.”

Este diagrama sirve para demostrar el comportamiento en unidades dentro de una serie de procesos, de una perspectiva vertical donde se toman en cuenta 5 factores clave:

1. Operación: Son los procesos que llevan a cabo las personas.
2. Transporte: Hace referencia a los movimientos dentro de un espacio determinado, en los que fluctúa una persona o producto.

3. Espera: Es el lapso de tiempo en el que la operación se detiene.
4. Demora: Son los atrasos dentro de una operación, en este caso el atraso de un producto.
5. Almacenamiento: Es el reposo de un material o producto, ya sea terminado o no, en un lugar específico.

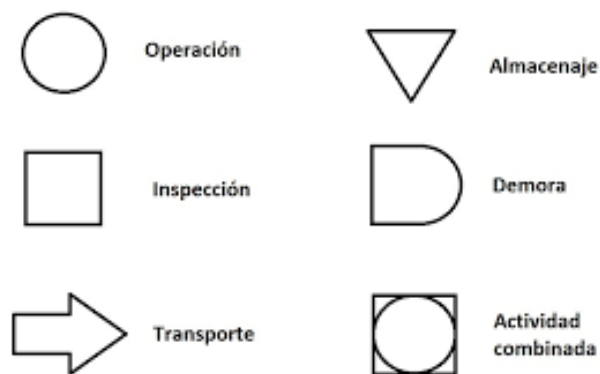


Figura 10: Elementos del diagrama de operaciones. (Ejemplo)

Fuente: Google. (2022)

Se desarrolla con los estándares de ASME (American Society of Mechanical Engineers)

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES

PROCESO: ATENCION AL CLIENTE POR UNA COMPRA EN UN MICROMERCADO

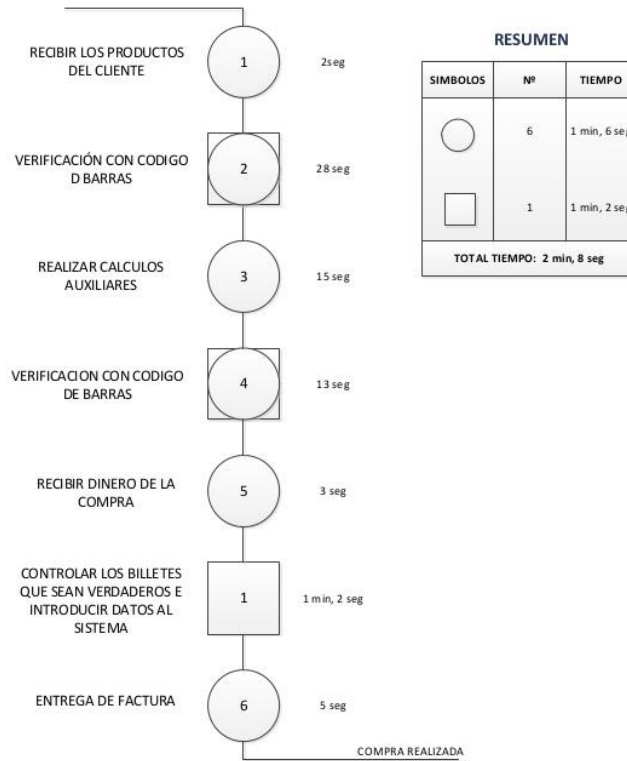


Figura 11: Diagrama de operaciones. (Ejemplo)

Fuente: Google. (2022)

2.2.4.3 Layout o diagrama de planta

Los diagramas de planta muestran generalmente desde una perspectiva en 2 dimensiones, la forma en la que se distribuye el espacio en un área de trabajo. Al igual que el diagrama de flujo, el diagrama de planta presenta visibilidad, pero en términos de distancias.

También, Castaño, R. cita que “Es la disposición de máquinas, equipos, materiales, personal y servicios auxiliares que permite fabricar un producto a un costo suficientemente adecuado.”

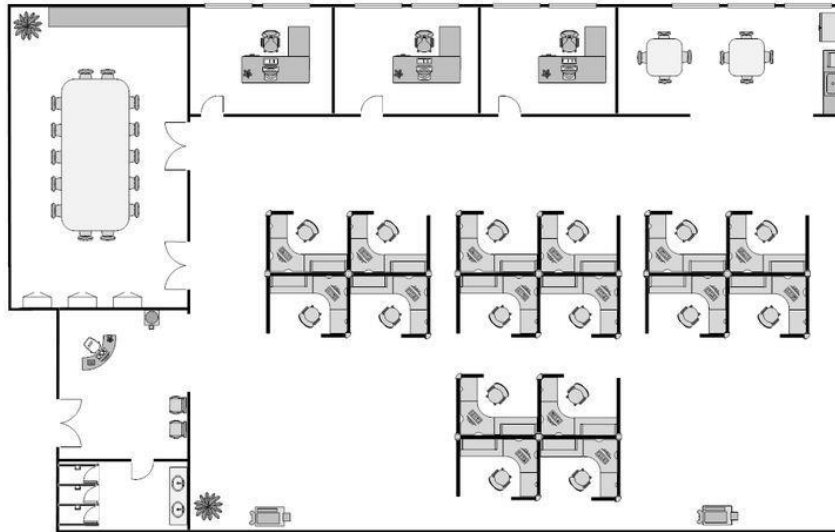


Figura 12: Diagrama de planta. (Ejemplo)

Fuente: Google. (2022)

2.2.5 Verificar

Gómez, R. (2011). Se refiere a la etapa final como: “Construir o desarrollar un producto o proceso piloto para verificar el cumplimiento de los CQT. A partir de las generalidades, objetivos y metodologías de mejoramiento y diseño del Seis Sigma, se puede identificar que esta herramienta se enfoca en la satisfacción de las necesidades de los clientes y la disminución de costos a través de la reducción de la variabilidad de los procesos y productos, la cual

se alcanza cuando la compañía opera con un nivel seis sigma o 3.4 Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO).”

La validación es vital para comprender si es factible invertir en un proyecto y si este genera algún tipo de beneficio ya sea a corto, mediano o largo plazo.

2.2.5.1 Análisis económico

Esta es si no la parte más delicada del proyecto ya que involucra utilidades dentro de la empresa. Tiene una relevancia muy grande y es el paso final para implementar una propuesta de mejora.

Valor Actual Neto (VAN)

R. Solé, A. (2011). Menciona que “Esta técnica empezó a utilizarse avanzado el Siglo XX, como ampliación del concepto de del valor del dinero en el tiempo (Valor Presente / Valor Futuro). Se define como la sumatoria de los flujos de efectivo netos descontados (“actualizados”) a valor presente al costo de capital de la empresa o del proyecto (contemplando sus todos sus riesgos: del negocio, financiero y del entorno).” Como criterio de aprobación al realizar el VAN, es necesario que el mismo sea superior a 0, ya que indicará el monto que ingresará aún después de hecha la inversión final.

$$\text{VAN} = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Figura 13: Valor Actual Neto. (Ejemplo)

Fuente: Google. (2022)

Tasa Interna de Retorno (TIR)

“Técnica matemática derivada del VAN, la cual evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento (r), mediante la cual la totalidad de los flujos de caja netos (positivos y/o negativos) y actualizados a valor presente son exactamente iguales a la inversión inicial (negativa). En otras palabras, la tasa TIR es aquella tasa de descuento (r) que hace que el VAN sea cero.” R. Solé, A (2011). En caso del TIR, se requiere un porcentaje positivo que refleje la rentabilidad de la inversión a realizar.

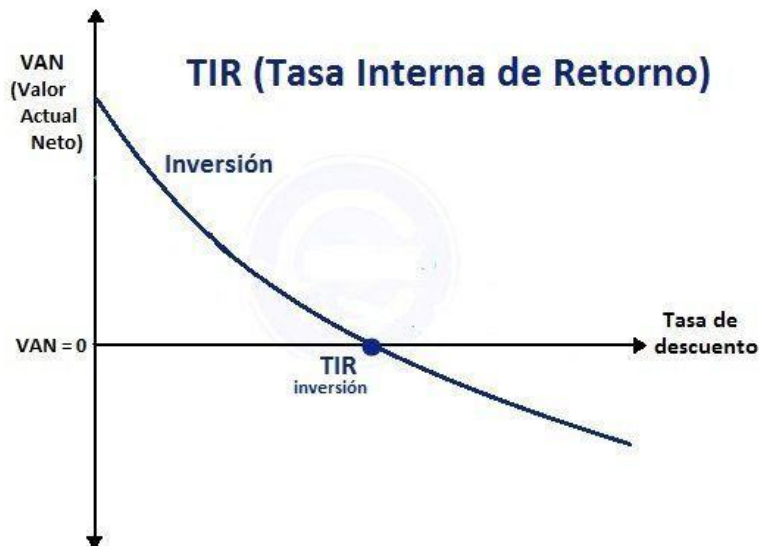


Figura 14: Tasa interna de Retorno. (Ejemplo)

Fuente: Economipedia. (2022)

2.2.5.2. Kanban

Castellano, L. (2019). "Kanban consiste en un sistema de señales visuales de control de producción que mantiene activo el proceso de reabastecimiento. Para la implementación del sistema Kanban es necesario que la empresa tenga aplicado un sistema de control de producción tipo Pull. Este sistema de control de producción planifica la producción de sólo lo que la empresa enviará al cliente, es decir, producir en función de la demanda."

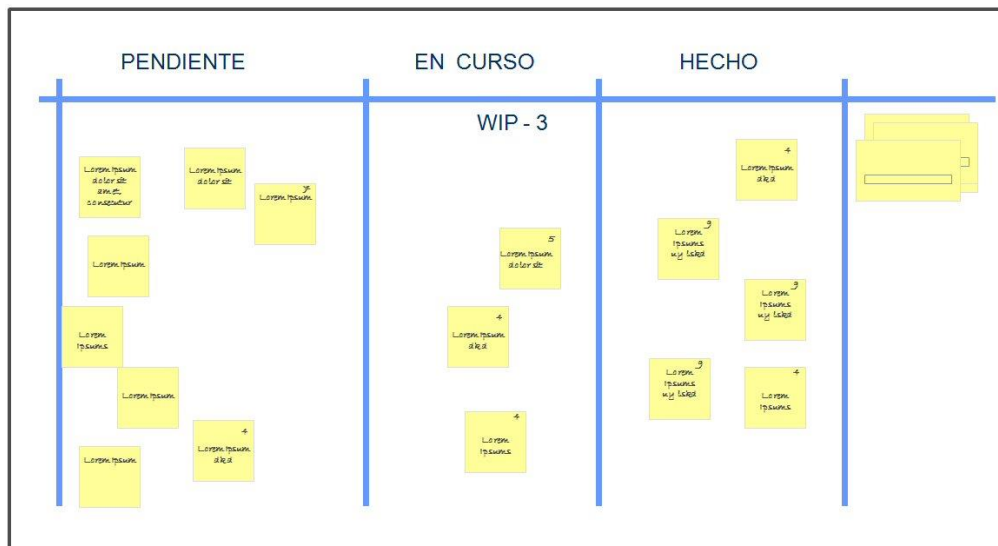


Figura 15: Kanban. (Ejemplo)

Fuente: Google. (2022)

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto

El laboratorio de producción dental se encarga de producir para los dentistas que trabajan con ellos, prótesis dentales de diversos tipos, adecuándose a las necesidades de los clientes finales.

Algunas de estas prótesis son:

2.3.1 Prótesis flexible:

M. Pejoan, (2019). Hace referencia a que este modelo, tiene la posibilidad de doblarse y manipularse a gusto sin perder la medida con la que se hizo. Su material no es tan rígido y esto brinda a los pacientes una comodidad mayor.



Figura 16: Prótesis flexible. (Ejemplo)

Fuente: UnMediCare. (2022)

2.3.2 Prótesis de acrílico:

Según Koresdent, (2021)., su nombre se trata de una prótesis compuesta únicamente con el material acrílico. Generalmente este tipo de prótesis, es elaborada para personas que no necesitan tantas piezas.



Figura 17: Prótesis de acrílico. (Ejemplo)

Fuente: UnMediCare. (2022)

2.3.3 Prótesis total natural:

Clínicas Sin Fronteras, (2021). menciona que, este es el estilo más estético ya que es elaborada con amplio detalle para simular el paladar, la anatomía y el color como una dentadura completamente real.



Figura 18: Prótesis total natural. (Ejemplo)

Fuente: Dra. Patricia Quintana. (2015)

2.3.4 Prótesis parcial:

E. Franco, (2019). se refiere a aquellas prótesis que son hechas con pocas piezas dentales, es decir, para clientes que solo necesitan algunos cuantos dientes según su caso evaluado previamente por un experto en ortodoncia.



Figura 19: Prótesis parcial. (Ejemplo)

Fuente: Dental Edo. (2022)

2.3.5 Prótesis total:

E. Franco, (2019). Menciona que este tipo de prótesis son para aquellas personas que, por cualquier motivo, necesitan toda la dentadura completa o ya sea la parte superior o inferior de su dentadura.



Figura 20: Prótesis total. (Ejemplo)

Fuente: Dental Edo. (2022)

2.4 Experiencias similares, antecedentes, como abordar procesos

Respecto a los antecedentes o experiencias similares dentro de la Fundación (específicamente), no se han dado a conocer ninguno que tenga que ver con la optimización de procesos en el área del laboratorio dental. Por lo tanto, se procederá a trabajar con ingeniería inversa.

(Chacón Hernández, Costa Rica 2019) en su tesina para optar por grado de licenciatura en la Universidad Hispanoamericana, titulada “BALANCE DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ORTODONCIA VIRTUAL EN ALIGN TECHNOLOGY EL PRIMER SEMESTRE DE 2019” aborda el reto de como aumentar la productividad de la línea un 6%, ya que se detectó que esta problemática venía directamente de los trabajadores encargados del área, donde se haya una reducción de ingresos de casi un millón de dólares anuales. En su investigación relata la propuesta de mejora, implementando un sistema de control en tiempo real para verificar el progreso y lo que se debe mejorar en el momento.

(Murcia Roa, Bogotá Colombia, 2015) en su tesis en la Pontificia Universidad Javeriana “PROPUESTAS DE MEJORA PARA LOS PROCESOS DE LAS CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CON EL PROPÓSITO DE ESTANDARIZAR LOS PROCESOS PARA GARANTIZAR UNA MAYOR CALIDAD EN LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS CON MIRAS AL PROCESO DE ACREDITACIÓN EN SALUD”, relata como objetivo base, definir todos los procesos estratégicos con el fin de poder llevar los procesos de las clínicas, a estandarizarse mediante la ingeniería industrial y así optar por una acreditación en salud y alcanzar una mayor calidad en servicios. Como fundamental, desarrolla un análisis de los

diferentes procesos para establecer un diagnóstico y a su vez desarrolla la cadena de valor de las clínicas.

(MARIDUEÑA SILVA, Guayaquil Ecuador, 2016) en su tesis en la Pontificia Universidad Javeriana “DISEÑO, DEL PROGRAMA DE SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL PARA UNA CLÍNICA ODONTOLÓGICA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL ENFOCADO EN EL SISTEMA DE GESTIÓN OHSAS 18001:2007” tiene como objetivo Diseñar un programa de Salud y Seguridad Ocupacional para una Clínica Odontológica en la ciudad de Guayaquil enfocado en el Sistema de Gestión OHSAS 18001:2007. Durante el desarrollo de esta tesis, se realizó una evaluación a la empresa, a fin de tener una visión global del estado de la Gestión en Seguridad, obteniendo como resultado cuáles son los puntos a fortalecer basando el criterio en los objetivos y niveles de responsabilidad de cada colaborador de la empresa.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Metodología para la definición del problema

En esta sección, se abordarán las distintas herramientas a utilizar para la definición del enfoque en el proyecto. Servirán para dar claridad a ideas e información recopilada dentro del laboratorio dental.

3.1.1 Entrevistas

Para la recolección de información específica partiendo de diferentes puntos de vista, se llevaron a cabo algunas preguntas sobre el comportamiento de las fases de producción, los costos de producción y datos sobre la demanda actual e inconformidades en los procesos detectadas por los técnicos.

3.1.2 Diagrama de flujo

Se empleó el diagrama de flujo por su capacidad de mostrar en una única perspectiva, todas las etapas elementales de cada una de las fases de producción, para tener un criterio más amplio y una visión sobre el comportamiento de los procesos en específico.

3.1.3 Matriz de prioridad y criterios de selección

Para definir realmente el área de enfoque de este proyecto, se diseñó una matriz de prioridad, con los criterios de selección más importantes en base a cada fase de trabajo. A partir de ello, se establecieron los criterios de la fase de producción seleccionada.

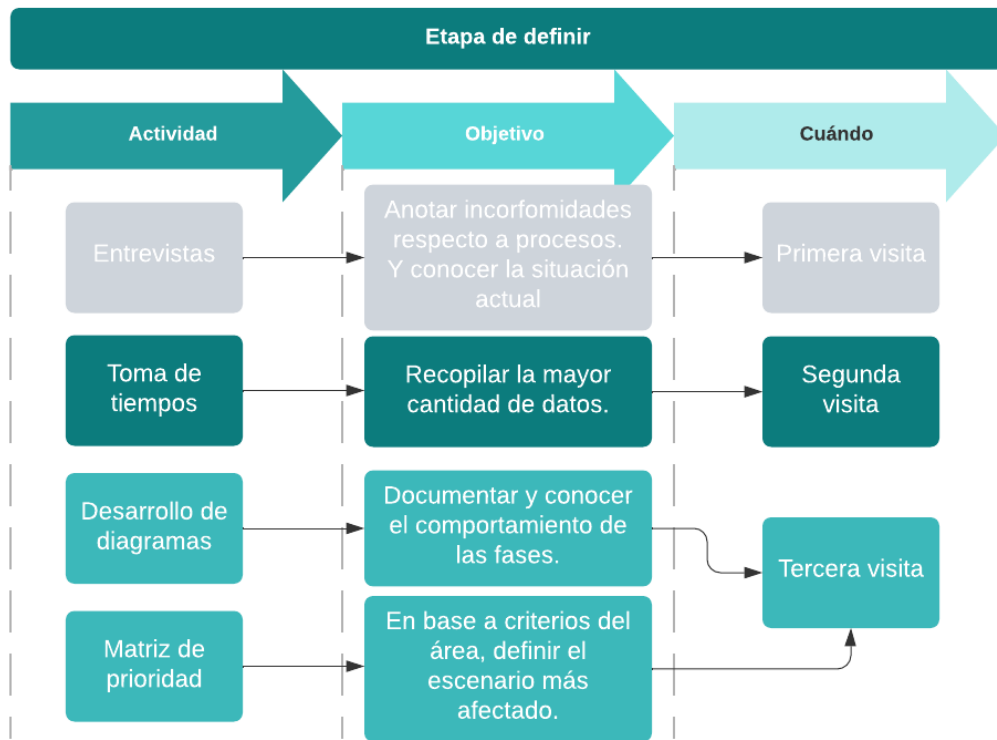


Figura 21. Planeamiento de la etapa definir.

Fuente: Propia. (2022)

En la figura anterior, se muestra el método a seguir dividido en tres fases: actividades, los objetivos de dichas actividades y el momento en que se llevarán a cabo.

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto

3.2.1 Análisis de pérdidas en la fase específica a trabajar

Para la debida comprensión económica actual, se llevó a cabo un análisis de pérdidas en la fase de producción seleccionada, para entender la magnitud del problema a nivel financiero.

3.2.2 Diagrama de Ishikawa

Para medir y respaldar cualitativamente el problema central de la investigación, se utilizó el diagrama de Ishikawa como herramienta principal de apoyo.

3.2.2 Tabla sobre descartes de espinas

En busca de las causas con mayor importancia dentro del Ishikawa, se procederá a realizar una serie de descartes con la información recopilada por medio de la ingeniería inversa dentro del área.

3.2.3 Matriz de Relación

Para comprender la relación que existe entre las espinas más grandes del diagrama de Ishikawa, se creó una matriz de relación entre los tiempos, factores que existen entre ambos.

3.2.4 Diagrama de Pareto

Buscando una medición respecto a la gravedad de los síntomas presentados a raíz del problema central que se detectó, y agregando un respaldo cuantitativo, se empleó el diagrama de Pareto.

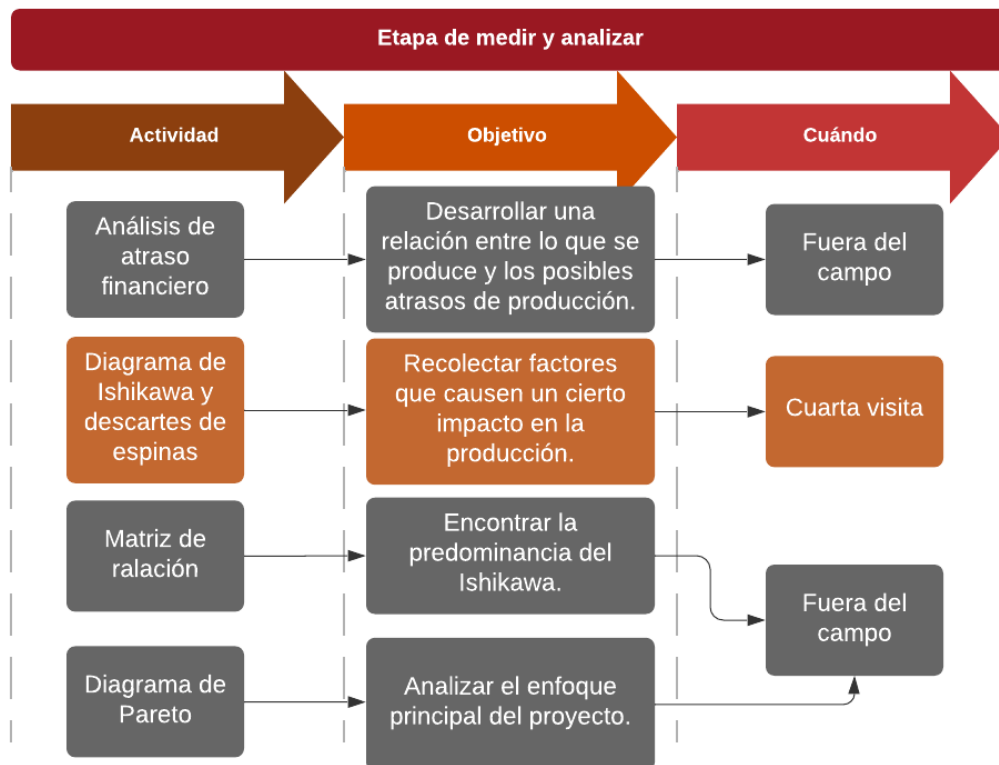


Figura 22. Planeamiento etapa de medir y analizar

Fuente: Propia. (2022)

En la figura anterior, se muestra el método a seguir dividido en tres fases: actividades, los objetivos de dichas actividades y el momento en que se llevarán a cabo.

3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio

3.3.1 Rediseño de procesos

Para crear la base principal de la propuesta de mejora, se planteará un rediseño en el proceso o los procesos que se hayan estudiado, una vez definidos, medidos y analizados a profundidad.

3.3.2 Diagrama de operaciones

Buscando la demostración de los procesos ya rediseñados, se utilizará un diagrama de operaciones para obtener visibilidad del tiempo y los movimientos aproximados que conlleva la base de la propuesta puesta en práctica.

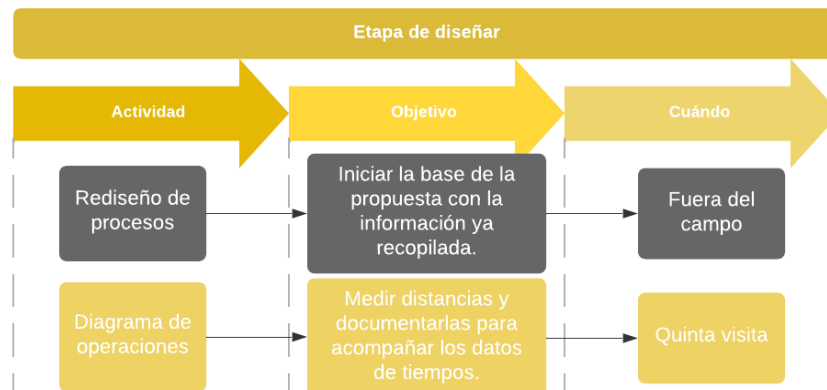


Figura 23. Planeamiento etapa de diseñar.

Fuente: Propia. (2022)

En la figura anterior, se muestra el método a seguir dividido en tres fases: actividades, los objetivos de dichas actividades y el momento en que se llevarán a cabo.

3.4 Metodología para la implementación del proyecto

3.4.1 Layout

Se diseñarán dos layout, uno de la situación actual del área y otro como propuesta de mejora, para exponer la nueva distribución de planta y los materiales y recursos necesarios a invertir para la implementación del proyecto de una manera exitosa.

3.4.2 Análisis económico

Se llevará a cabo un análisis económico como apoyo de validación, para la parte monetaria del proyecto, donde se involucrarán los gastos conocidos, ingresos y el monto aproximado a invertir. Se desarrollará por medio de las herramientas VAN y TIR.

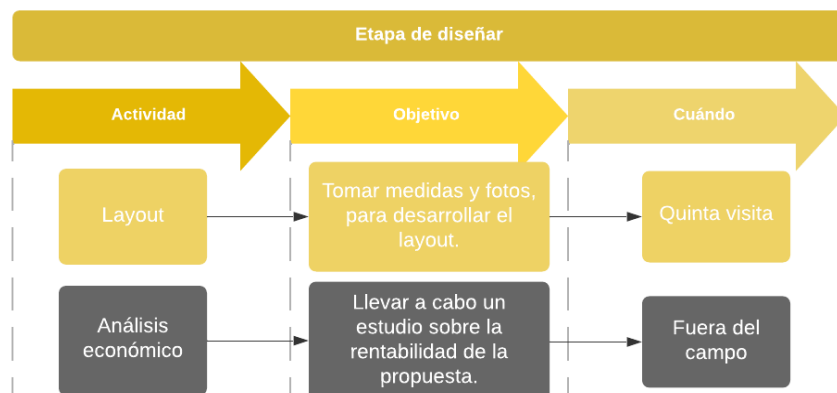


Figura 24. Planeamiento etapa de diseñar.

Fuente: Propia. (2022)

En la figura anterior, se muestra el método a seguir dividido en tres fases: actividades, los objetivos de dichas actividades y el momento en que se llevarán a cabo.

3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

3.5.1 Kanban

Se implementará a modo de recomendación el uso de Kanban como una herramienta para el seguimiento y la verificación de los procesos a realizar por parte del área de trabajo.



Figura 25. Planeamiento etapa de verificar.

Fuente: Propia. (2022)

En la figura anterior, se muestra el método a seguir dividido en tres fases: actividades, los objetivos de dichas actividades y el momento en que se llevarán a cabo.

CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1 Entrevistas

Para abordar un mayor orden a la hora de recolectar información de los procesos y adquirir conocimiento del entorno en el que se desarrolló esta investigación, se crearon una serie de entrevistas.

Cada una de ellas fue realizada con la autorización de la supervisora del área y se llevaron a cabo en cada una de las cuatro etapas de producción del laboratorio dental de la Fundación Clínicas Sin Fronteras.

En dichas entrevistas, se recopilaron inconformidades en cada fase, pero también información muy valiosa sobre tiempos, procesos y la metodología que se utiliza para desarrollar prótesis dentales.

También se aprovechó conforme se desarrollaban las entrevistas, para educar a los trabajadores sobre algunas herramientas de la ingeniería industrial.

4.1.1 Gráfico de capacidad de producción diaria

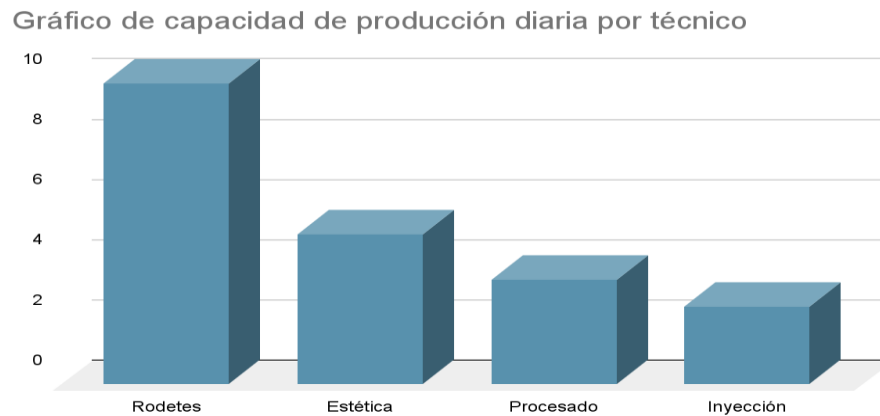


Figura 26. Gráfico capacidad diaria en laboratorio dental.

Fuente: Propia. (2022)

En la presente figura, se muestra el gráfico de producción diaria por técnico, donde se observa que el inicio de la cadena de procesos, siendo “Rodetes”, es el menos saturado al contrario del último que es “Inyección” el cuál es el que tiene menor capacidad para concluir el producto.

Algo importante a tomar en cuenta, es que tanto “Procesado” como “Inyección”, son dos outputs. Ambos producen distintos tipos de prótesis. “Procesado” se encarga de producir con acrílico, mientras que “Inyección” con poliamida y nylon.

Aun así, “Inyección” sigue siendo el que solo produce en teoría 2 prótesis al día por técnico, ya que cada 4 días se logran sacar 8 casos por técnico.

Según las entrevistas con el área del laboratorio de producción dental, Rodetes, se encarga de hacer una división al principio de su día de trabajo, donde selecciona 10 casos por técnico y de estos 10, un promedio de 3 es de inyección, así que, si contamos 3 casos diarios por 6 días laborales, por 2 técnicos, se puede estimar un ingreso aproximado de 36 casos de inyección a la semana.

4.2 Diagrama de flujo de todas las fases

Esta sección abordará cada fase de producción por separado, para conocer el comportamiento de los procesos en tiempo y el flujo del producto por cada estación.

4.2.1 Etapa 1. Rodetes

Rodetes es el proceso inicial, en donde se trabajan las bases de cada caso que llega al área.

Es importante recalcar, que cada etapa de las 4 que existen en el área, tiene su revisión y aprobación por un especialista en ortodoncia, donde esto, provoca que el producto salga y vuelva al área en varias ocasiones y aplaza el tiempo de producción.

Rodetes			
Proceso	Descripción	Cantidad de casos por técnico	Tiempo X
Repartir casos	Se reparten los casos que se van a trabajar en el día.	10 casos	2 min
Documentación	Se revisa, se asigna en el sistema y se elaboran etiquetas manuales.	10 casos	20 min
Preparación	Se recortan los casos y se limpian. Se valora si es trabajable o no.	10 casos	13 min
División de producto	Se dividen en totales y parciales, flexibles y acrílico.	10 casos	10 seg
Montaje de ganchos	Montar ganchos en las encias de la protesis	10 casos	90 min
Bloqueo con cera	Bloquear los espacios retentivos con cera para que no se quiebre la placa.	10 casos	40 min
Colocación de separante	Colocar capa de separante con pincel para que no se pegue el acrílico.	10 casos	2,5 min
Chorreado de placas	Se chorrean las placas de cada modelo con acrílico.	10 casos	30 min
Recorte de placas	Se recortan las placas de cada modelo.	10 casos	10 min
Duplicado con yeso	Se duplican con yeso todos los flexibles y algunos acrílicos. Se fragua 40 min.	Varía	60 min
Verificación de concordancia	Verificar que la placa de los flexibles concuerde con su duplicado.	Varía	5 min
Calentar lamina	Se hace el rodete calentando una lamina de cera y se forma un acordeón.	N/A	2 min
Colocación del rodete	Colocar el rodete encima del yeso	10 casos	10 min
Chorreado de cera	Chorrear la placa con cera para que se pegue el rodete del todo.	10 casos	45 min
Medición y desgaste	Se hacen medidas para ver si la altura concuerda con especificaciones.	10 casos	12 min
Flameo	Se flamea para alisar imperfecciones de los casos.	10 casos	3 min
Documentación	Redactar boleta. Tomar foto y enviarla al grupo, empaque, bitácora.	10 casos	10 min
Release	Se agrega en el sistema la documentación sobre el caso.	10 casos	40 min

Tabla 1. Procesos de Rodetes con sus descripciones y tiempos.

Fuente: propia.

Actualmente trabajan 2 técnicos dentro de esta fase, y se tiene como meta 10 casos al día.

Como se puede apreciar, el proceso duplicado con yeso, es un proceso que demanda 60 minutos.

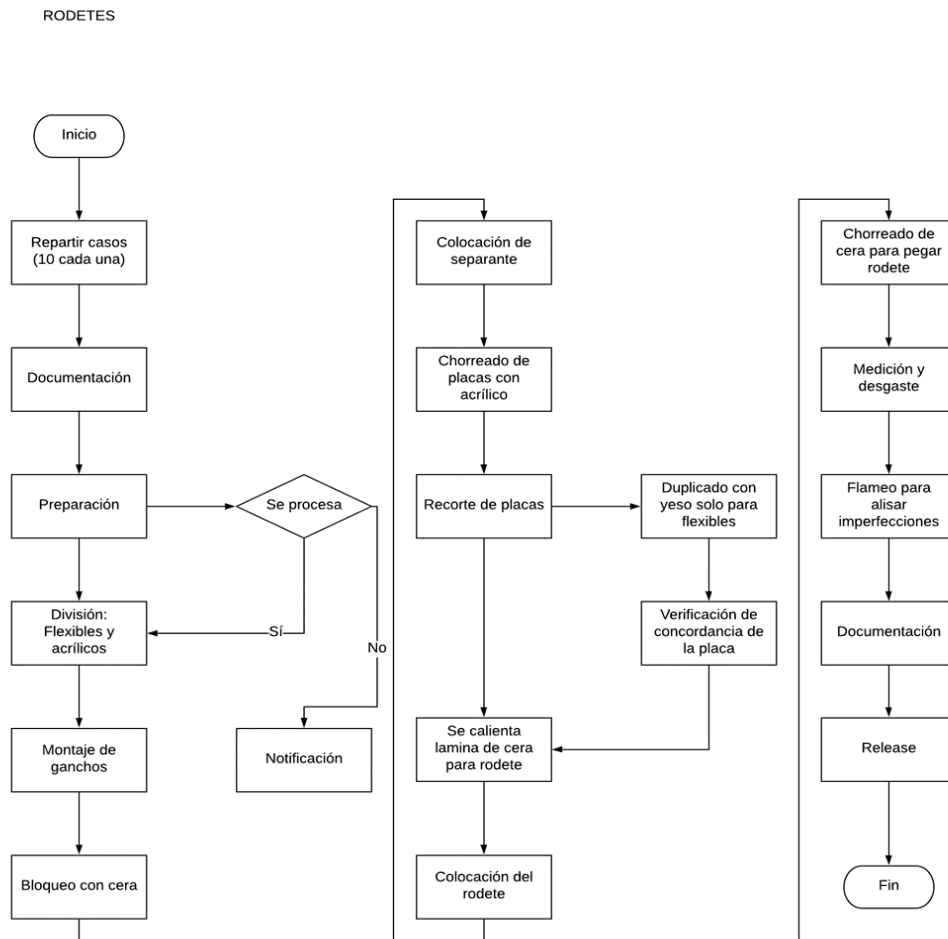


Figura 27. Flujo de los procesos en Rodetes (ANSI).

Fuente: Propia. (2022)

En la figura anterior, se abarca el comportamiento de la fase de Rodetes respecto a sus procesos de producción, por medio del diagrama de flujo.

4.2.2 Etapa 2. Estética

En esta segunda etapa, a la base de la prótesis o modelo, se le realizan detalles especificados por el ortodoncista, donde hay una serie de procesos muy refinados que deben de hacerse con cuidado y buscando la perfección de lo que va a ser la futura prótesis dental.

El color de los dientes, el tamaño y su debida selección y muchos otros detalles son relevantes en esta fase de producción.

Al igual que rodetes, estética también requiere la verificación y aprobación del ortodoncista que solicitó la producción de dicho modelo.

Estética			
Proceso	Descripción	Cantidad de casos por técnico	Tiempo X
Selección	Se agarran todos los casos que no han sido procesados.	Varía	1 min
Documentación	Se documenta en la boleta el número de caso.	Varía	10 min
Recorte	Se recortan las partes innecesarias de los modelos seleccionados.	Varía	60 min
Montaje	Montar con yeso en articulador los modelos que se hayan seleccionado.	Varía	140 min
Delegar	Delegar técnico por cada boleta y documentar en el sistema la asignación.	10 casos	30 min
Escritura de datos	Se escriben los datos a la prótesis.	10 casos	15 min
Busqueda dental	Buscar los dientes especificados.	10 casos	120 min
Documentación 2	Se documenta lo que se eligió, detalles, la bitácora y preguntas al médico.	10 casos	15 min
Colocación de separante	Quitar rodete y colocar separante.	10 casos	15 min
Colocación de rodete	Se coloca nuevamente el rodete.	10 casos	5 min
Elaboración de cuellos	Se llena de cera y se hacen cuellos a cada diente que se coloque.	Varía	5 min
Elaboración de festones	Se elaboran festones en cada prótesis.	10 casos	150 min
Retoques	Se flamea, reafirman cuellos y se empaca.	10 casos	50 min
Documentación 3	Documentar la bitácora con la información correspondiente	10 casos	1 min

Tabla 2. Procesos de Estética con sus descripciones y tiempos.

Fuente: Propia. (2022)

En la tabla anterior, se abarcan todos los procesos de la fase de Estética, con sus tiempos y cantidades de producto procesado por técnico.

Dentro de esta etapa, trabajan 2 personas, las cuales se encargan de realizar estas tareas en un lapso de dos días.

Desde “selección” hasta “documentación 2”, se realiza en un día y desde “colocación de separante” hasta “documentación 3”, se realiza en otro día de trabajo.

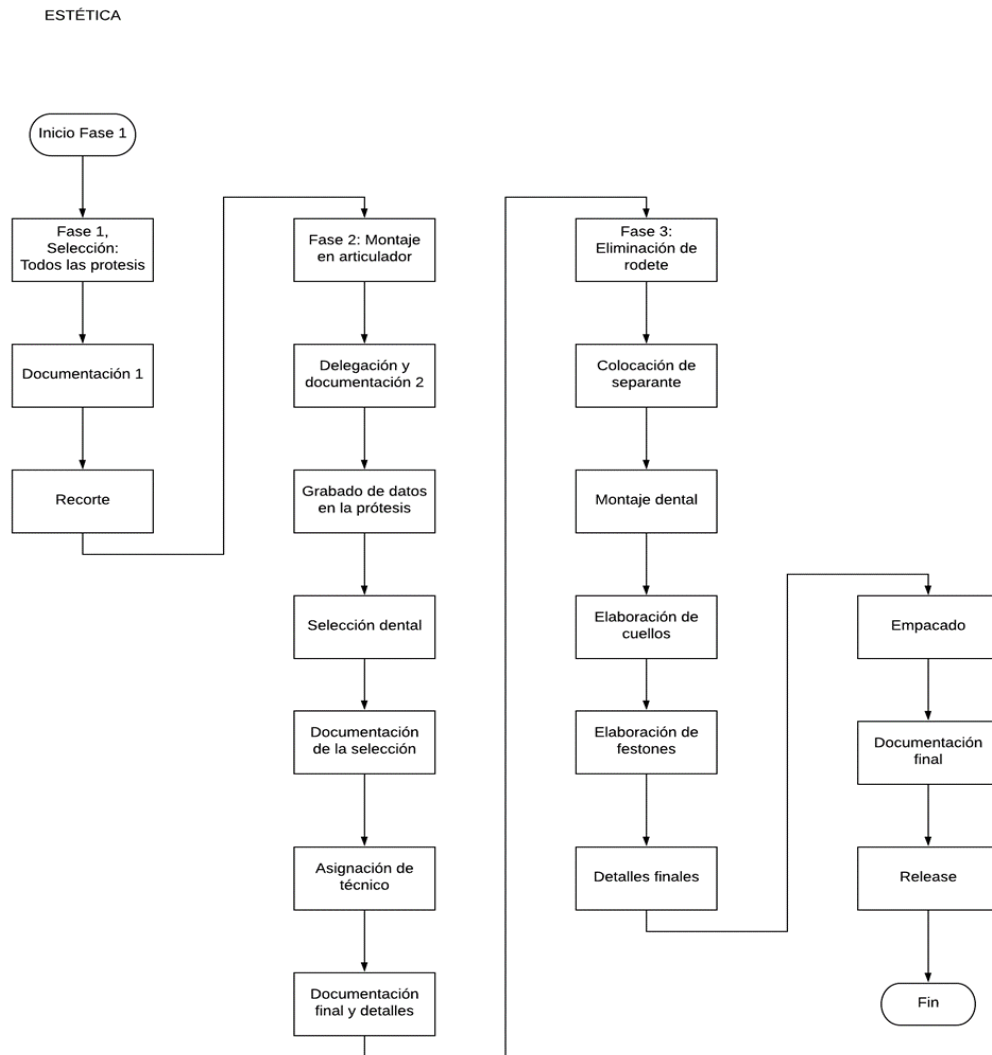


Figura 28. Flujo de procesos de Estética (ANSI).

Fuente: Propia. (2022)

En la figura anterior, se abarca el comportamiento de la fase de Estética respecto a sus procesos de producción, por medio del diagrama de flujo.

4.2.3 Etapa 3. Procesado

En esta fase, el producto está por terminarse. Con lleva 4 días de trabajo para poder sacar un promedio de 14 prótesis por técnico.

Como se puede notar, había un flujo de producción de 10 prótesis por técnico en cada fase, pero ahora solo se tiene la capacidad para procesar 14 casos por técnico en más de media semana de trabajo.

Por lo tanto, esta fase representa hasta el momento, uno de los mayores cuellos de botella en el área del laboratorio de producción dental.

Procesado			
Proceso	Descripción	Cantidad de casos día por técnico	Tiempo X
Asignación	Se asignan las boletas de cada caso.	14 casos	30 min
Busqueda	Buscar en el sistema indicaciones de la prótesis a realizar.	14 casos	4 min
Producción de etiqueta	Se produce la etiqueta de cada caso.	14 casos	1,5 min
Encerado	Se encera cada caso.	14 casos	45 min
Desmontar	Desmontar la prótesis del articulador.	14 casos	70 min
Enfrascar	Se enfrasca con yeso dentro de una mufla cada caso.	14 casos	240 min
Lavado	Esperar a que las ollas lleguen a ebullición y meter de 7 en 7 casos.	14 casos	240 min
Lavado de olla	Aplica si el agua se ensucia mucho, se lava y se vuelve a hervir el agua.	N/A	30 min
Separante	Aplicar capas de separante.	14 casos	25 min
Empaque	Se empaican de forma manual de 4 en 4.	14 casos	17,5 min
Cocinado	Se ingresan prensas de 6 en 6 a las ollas. Solo hay dos ollas.	14 casos	40 min
Enfriamiento	No se pueden sacar calientes, por lo tanto se espera a que se enfríe la olla.	14 casos	60 min
Desenfrascar	Sacar muflas de las prensas y las prótesis de las muflas.	14 casos	60 min
Recorte	Se recortan imperfecciones de cada prótesis.	14 casos	630 min
Pulido	Se pasa por felpa mojada para quitar rayones y luego por felpa seca para brillo.	14 casos	35 min
Empaque	Se empaican y documentan todos los casos.	14 casos	10 min
Bitácora	Se documenta en la bitácora del área.	N/A	1 min

Tabla 3. Procesos de procesado con sus descripciones y tiempos.

Fuente: Propia. (2022)

Cabe notar que hasta el momento se refleja gran cantidad de tiempo en los procesos de documentación, donde la gran parte se realizan de forma manual y eso demanda un porcentaje de tiempo significativo dentro de las etapas.

Hay otro factor muy significativo, el cuál es el tema de la capacidad de maquinaria. Solo se cuentan con dos discos y dos ollas y esto hace que se tengan que procesar.

Aparte solo se cuenta con una recortadora y una pulidora y otras fases también requieren de esas máquinas para trabajar.

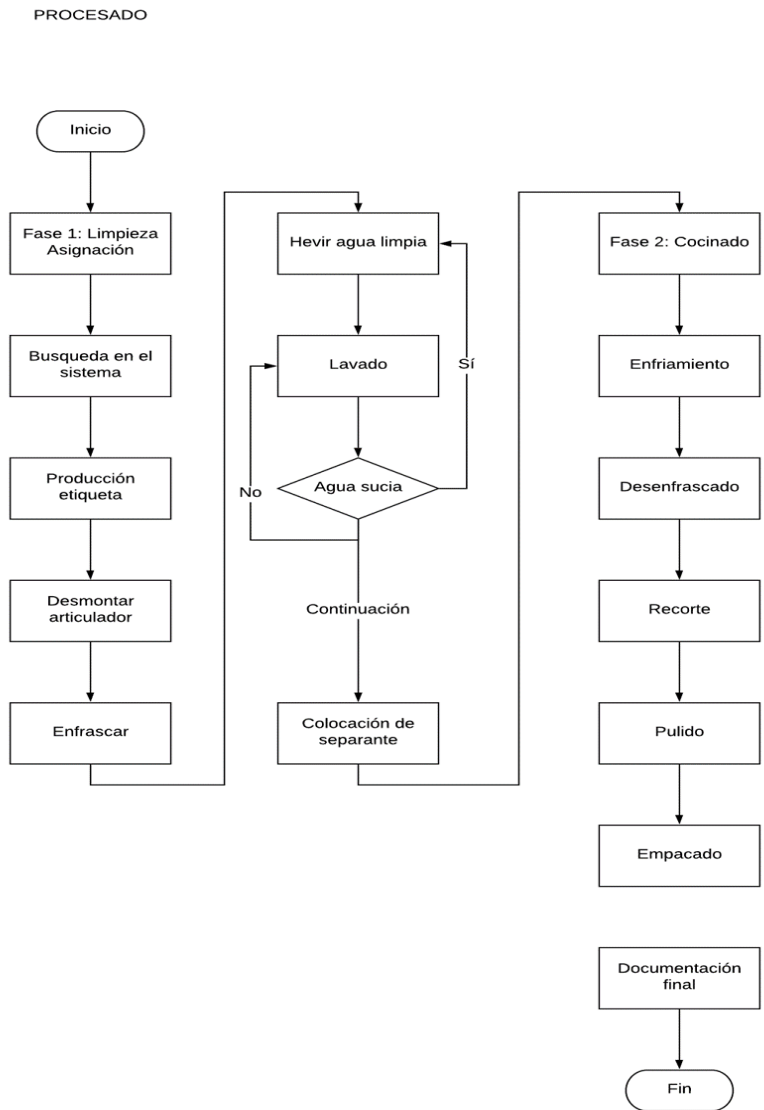


Figura 29. Flujo de los procesos en Procesado (ANSI).

Fuente: Propia. (2022)

En la figura anterior, se abarca el comportamiento de la fase de Procesado respecto a sus procesos de producción, por medio del diagrama de flujo.

4.2.4 Etapa 4. Inyección

Es importante resaltar, que la fase de inyección, es alterna con la fase de procesado, ya que en ambas se finaliza el producto, sin embargo, la diferencia está en que en las dos se procesan diferentes modelos de prótesis, con algunos materiales que varían los unos a los otros.

Inyección, es la fase donde el producto terminado, abarca más tiempo de desarrollo.

Inyección			
Proceso	Descripción	Cantidad de casos día por técnico	Tiempo X
1.Busqueda	Se buscan duplicados. No están organizados y se demora tiempo.	8 casos	30 min
2.Revisión	Se indaga si realmente esos casos requieren de ser duplicados.	8 casos	30 min
3.Encerado	Encerar ganchos, arreglar cuellos, agregar grosores con cera.	8 casos	240 min
4.Recorte	Se recorta el modelo uno a uno.	8 casos	40 min
5.Preparación	Alistar muflas y agregar vaselina.	8 casos	20 min
6.Enfrascado	Se agrega la primera capa de enfrascado.	8 casos	45 min
7.Fraguar	Se deja fraguar el yeso. A veces el yeso no es de la mejor calidad y retrasa.	8 casos	30 min
8.Colocación de entradas	Se colocan entradas a la mufla, donde ingresará el material de inyección.	8 casos	35 min
9.Adición vaselina	Agregar vaselina a la primer capa de yeso, antes de poner la contramufla.	8 casos	20 min
10.Llenado de yeso	Llenar de yeso interior de la mufla.	8 casos	60 min
11.Espera	Esperar a que el yeso seque.	8 casos	30 min
12.Preparación de agua	Mientras el yeso seca, se procede a preparar el agua.	8 casos	30 min
13.Derretimiento de cera	Se derrite cera que se utilizará en el proceso.	8 casos	30 min
14.Preparación del horno	Alistar horno con el cartucho que tiene el material de inyección.	8 casos	30 min
15.Preparación final	Se coloca separante, retenciones y recortan cuellos. Una a una.	8 casos	240 min
16.Inyección	El horno solo tiene capacidad para 1 prótesis.	8 casos	40 min
17.Enfriamiento	Se deja enfriar a temperatura ambiente. Solo para Total Natural (TN).	Varía	30 min
18.Desenfrascado	Quitar tornillos, abrir la prótesis y revisar que todo esté bien.	8 casos	40 min
19.Recorte y ajuste	Se recortan imperfecciones del modelo.	8 casos	440 min
20.Pulido	Se pule con felpa mojada para rayones y seca para brillo.	8 casos	280 min
21.Release	Empacar, hacer etiquetas, documentar y entregarlos a la supervisora.	8 casos	60 min

Tabla 4. Procesos de inyección con sus descripciones y tiempos.

Fuente: Propia. (2022)

Nuevamente, se puede apreciar la demora de tiempo en los dos primeros procesos de “búsqueda” y “revisión”, donde son procesos que pueden traer bastante incertidumbre y desperdicio de tiempo.

Respecto a la maquinaria, el horno solo tiene capacidad para inyectar una prótesis a la vez. Su duración es de 2 minutos por mufla.

El tiempo en el que se procesan 8 casos por técnico, toma alrededor de 3 días laborales completos.

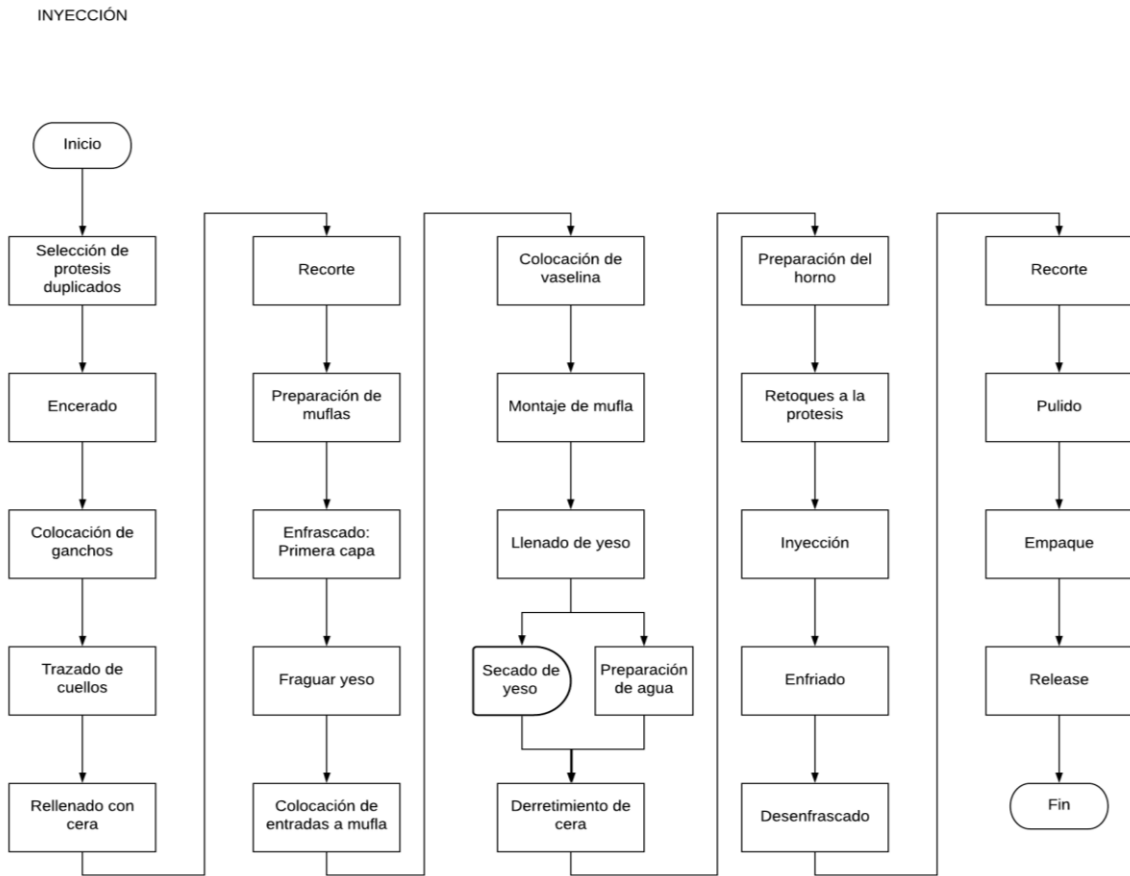


Figura 30. Flujo de procesos en inyección (ANSI).

Fuente: Propia. (2022)

En la figura anterior, se abarca el comportamiento de la fase de inyección respecto a sus procesos de producción, por medio del diagrama de flujo.

4.3 Matriz de prioridad y criterios de selección

A continuación, se presenta la matriz de prioridad enfocada en tres variables: La capacidad de producir, el alcance de la meta y el cumplimiento de entrega.

Se presentan los criterios de la matriz, los cuales son: del 1 al 5, donde 5 es la mejor puntuación y 1 la peor.

Matriz de prioridad				
Fase	Capacidad	Meta	Entrega	Total
Rodetes	5	5	5	15
Estética	4	4	4	12
Procesado	4	3	3	10
Inyección	3	3	1	7

Tabla 5. Matriz de Prioridad.

Fuente: Propia. (2022)

Para adquirir una perspectiva precisa, se presentan los siguientes criterios de selección de la fase de inyección. Es importante entender el por qué esta fase presenta una prioridad ante las demás y por qué es preciso definir un área a trabajar en específico.

Mayor duración de producción:

Aprovechando el gráfico de capacidad de producción diaria por técnico, la fase de inyección es la que cuenta con la duración más extensa a la hora

de concluir su papel dentro del área de producción de prótesis dentales. Su duración se resume a 4 días laborales, para poder concluir 8 casos.

Mayor cantidad de procesos:

Según el estudio en los diagramas de flujo, la fase de inyección es la que posee mayor cantidad de procesos tanto de mano de obra como de maquinaria y espera.

Menor capacidad de producción:

Al contar con una cantidad muy amplia de procesos manuales y técnicos, es la que mayor tiempo le demanda producir un caso, por lo tanto, al contar con los recursos equivalentes a las demás etapas, su capacidad se encuentra incapaz de procesar más producto.

Mayor precio de venta:

El producto terminado de inyección es más de un 250% mayor que el de procesado. Sin embargo, el cartucho que posee el material inyectable tiene un costo de 7.000 colones. Aun así, sigue siendo el producto con mayor valor dentro del área.

Mayor atraso de entrega:

Esta fase conlleva un retraso de entrega frecuente del doble. El compromiso con el cliente establecido por el laboratorio es de 7 días hábiles una vez solicitado. Sin embargo, en esta fase, se presenta el mayor retraso en comparación a "Procesado", que entrega generalmente el producto entre 7 y 9 días.

4.4 Análisis de pérdida por incumplimiento en compromiso de entrega dentro de la fase de inyección

		Casos totales
Casos cada 4 días	8	16
Casos cada 15 días	24	48
Casos mensuales	48	96
Costo unitario		₡ 45.000,00
Ingresos promedio mensuales		₡ 4.320.000,00
Ingresos promedio anuales		₡ 51.840.000,00

Tabla 6. Ingresos por venta de prótesis para la fase de inyección.

Fuente: Propia. (2022)

Cuando se solicita un caso de inyección, se abre un crédito y el cliente paga un 30% del valor de la prótesis.

Otro factor para tomar en cuenta es que las prótesis deben de estar canceladas (en teoría) antes de que se entregue el producto.

A continuación, se reflejan los casos semanales en promedio, que se procesan en el área de inyección, que serían 24 casos.

Cada 4 días aproximadamente, se procesan 8 casos por técnico y son 6 días laborables a la semana.

Análisis de atraso financiero en inyección	
Etapas	Inyección
Casos semanales procesados	24
Precio unitario	₪ 45.000,00
Pago del cliente	₪ 13.500,00
Utilidad en crédito	₪ 31.500,00
Atraso semanal	₪ 756.000,00
Atraso mensual	₪ 3.024.000,00
Atraso anual	₪ 36.288.000,00

Tabla 7. Análisis de ingresos atrasados en la fase de inyección.

Fuente: Propia. (2022)

4.5 Diagrama de Ishikawa

Debido a la diversidad de síntomas negativos que la fase de inyección presenta en sus procesos, se tomó la decisión de llevar a cabo esta herramienta, para comprender y seleccionar cuáles procesos o espinas tienen mayor relevancia e impacto y así medir su gravedad dentro de la etapa.



Figura 31. Diagrama causa – raíz o Ishikawa.

Fuente: Propia. (2022)

Como se puede apreciar en el presente diagrama de Ishikawa, se conocen dos espinas con mayor impacto, las cuales son mano de obra y maquinaria.

Durante toda la investigación del presente trabajo, se han ido detectando algunos síntomas que adolecen a la etapa de “Inyección” y estos están claramente relacionados a estas dos espinas mayores. Sin embargo, por medio de las entrevistas realizadas con los técnicos y la supervisora, se comentan algunos problemas con las condiciones de trabajo que pueden estar afectando en términos de productividad a los técnicos, por lo tanto, se definió que la espina de medio ambiente también está teniendo un impacto, aunque no tan significativo, dentro del área de producción dental y específicamente en la fase de “Inyección”.

Esto concluye que, hay 3 principales espinas sobre las que medir su impacto negativo a la producción.

4.5.1 Descartes de espinas de Ishikawa

Ahora que se posee una perspectiva respecto a las causas del problema que presenta la fase de Inyección, se procede a descartar las espinas que no se trabajarán y las que predominen, se mantendrán para ser analizadas estadísticamente. Esta conclusión se apoya con base a las visitas a la empresa, donde se ha conversado detenidamente con la supervisora las causas presentadas.

Descartes de espinas		
Espinas	Motivo	Descartar
47,6% de procesos manuales	Gran cantidad de tiempo demandado.	No
50% de casos son prioritarios	Interrumpe el flujo de trabajo de los tecnicos.	No
La capacidad esta 25% debajo de la demanda	Hay una cola de pedidos importante.	No
Caída de dientes al finalizar la protesis	Actualmente no sucede.	Sí
Cartuchos de inyección fallan	Desde que se arregló el horno no ocurre.	Sí
Solo hay una prensa	No afecta significativamente la capacidad.	Sí
Saturación en pulidoras	Tres fases hacen uso y chocan tiempo.	No
Se cuenta con un horno	Son dos tecnicos y ambos lo necesitan.	No
Saturación en hornillas	Dos fases más las utilizan.	No
Mala ventilación	Hay unos pequeños ventanales unicamente.	No
Incomodidad por el calor de las hornillas	Las mismas están en la entrada del área.	No
No hay una distribución de planta definida	Se colocan cosas por "comodidad".	No

Tabla 8. Criterios de descarte en espinas del diagrama de Ishikawa.

Fuente: Propia. (2022)

Siendo así que se descartan 3 espinas de 12 en total y se mantienen para ser medidas y analizadas 9 espinas relacionadas a los factores mano de obra, maquinaria y medio ambiente.

4.6 Matriz de relación

En la presente tabla, se muestran los principales factores que en base al anterior diagrama de Ishikawa y a la tabla sobre descartes, se consideraron como prioritarios, así como su relación entre sí en cada uno de los 21 procesos elementales de inyección.

Etapa de Inyección y factores principales			
Proceso	Factor relacionado	Cantidad de casos por técnico	Tiempo X min
1.Busqueda	MO / MA	8 casos	30
2.Revisión	MO	8 casos	30
3.Encerado	MO	8 casos	240
4.Recorte	MQ / MO	8 casos	40
5.Preparación	MO	8 casos	20
6.Enfrascado	MO	8 casos	45
7.Fraguar	MA	8 casos	30
8.Colocación de entradas	MO	8 casos	35
9.Adición vaselina	MO	8 casos	20
10.Llenado de yeso	MO	8 casos	60
11.Espera	MA	8 casos	30
12.Preparación de agua	MO / MQ	8 casos	30
13.Derretimiento de cera	MA / MO / MQ	8 casos	30
14.Preparación del horno	MO	8 casos	30
15.Preparación final	MO	8 casos	240
16.Inyección	MQ	8 casos	40
17.Enfriamiento	MA	Varía	30
18.Desenfrascado	MO	8 casos	40
19.Recorte y ajuste	MQ / MO	8 casos	440
20.Pulido	MQ / MO	8 casos	280
21.Release	MO	8 casos	60

Tabla 9. Procesos y sus factores relacionados entre sí.

Fuente: Propia. (2022)

Se puede valorar que: MO= Mano de obra, MQ= Maquinaria y MA= Medio ambiente, por lo tanto, esta es la relación que existe entre los tres factores más importantes, según el diagrama de Ishikawa previamente desarrollado.

De acuerdo con la tabla anterior, se ha creado una matriz donde se muestran las relaciones entre los factores, procesos y tiempos

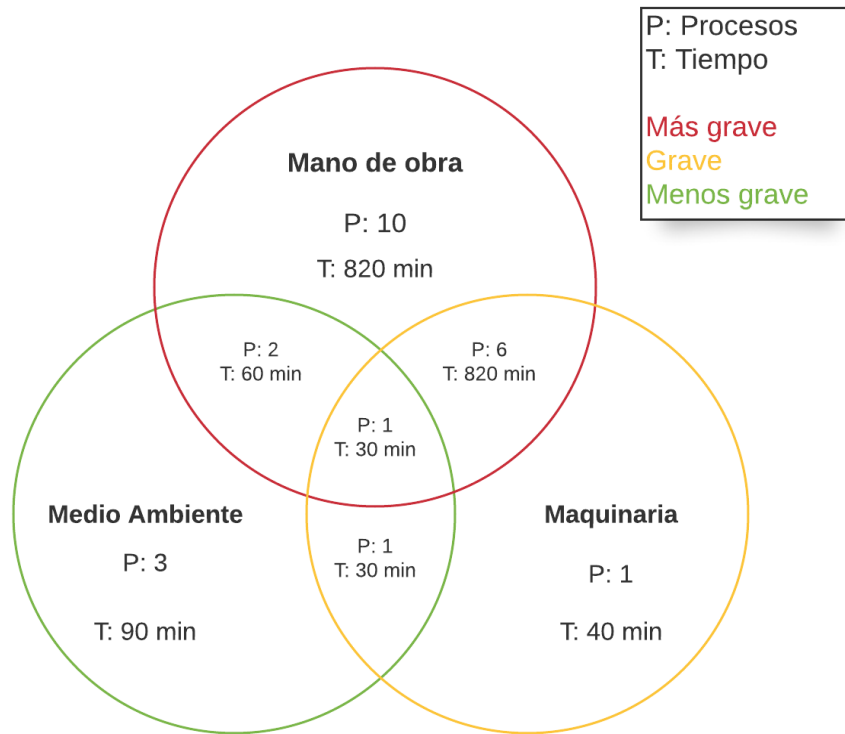


Figura 32. Relaciones entre factores, procesos y tiempos.

Fuente: Propia. (2022)

Siendo así que cada uno de los factores y su relación entre sí, presentan los siguientes resultados en términos de tiempos:



Figura 33. Resultado final de la matriz de relación.

Fuente: Propia. (2022)

Por lo tanto, se concluye que la mano de obra a pesar de su obvia dominancia en el tiempo de trabajo frente a los demás factores, es la espina con mayor prioridad por su excesivo consumo de tiempo en procesos manuales.

4.7 Diagrama de Pareto

Mediante la estimación por medio del análisis de tiempos y relaciones de las causas predominantes, se desarrollaron las siguientes frecuencias:

Dolencias principales en la fase de inyección				
Causas	Frecuencia	%	Acumulado	% Acumulado
Casos trabajados (semana)	24	44%	24	44%
Casos prioritarios (semana)	18	33%	42	78%
Casos sin procesar (semana)	12	22%	54	100%
Total	54	100%		

Tabla 10. Datos para diagrama de Pareto.

Fuente: Propia. (2022)

De acuerdo a la tabla previa, se presenta un diagrama de Pareto mostrando por medio de la estadística, que la principal dolencia de la fase de inyección son los casos que están siendo procesados, debido a su gran cantidad de procesos manuales que abarcan tiempos muy significativos y que constituyen un fuerte atraso o límite en la capacidad de producción de los técnicos.

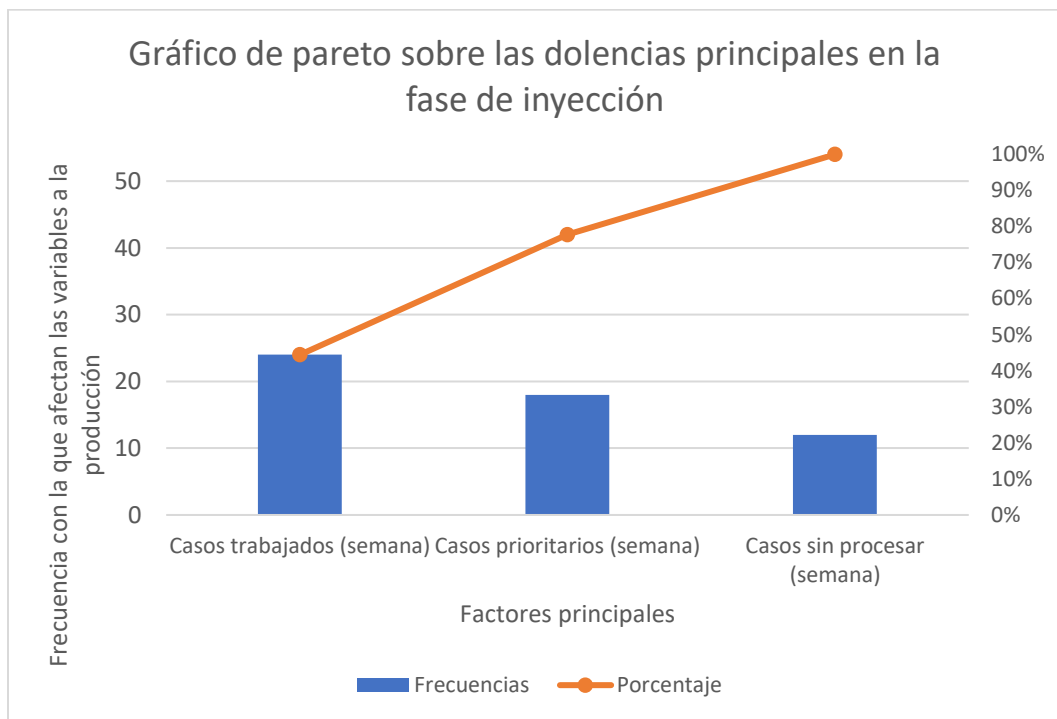


Figura 34. Pareto respecto a las tres principales urgencias.

Fuente: Propia. (2022)

En la presente figura, se muestra el diagrama de Pareto, con los tres factores principales a trabajar, siendo el que más impacta denominado casos trabajados o casos que están siendo procesados con regularidad, seguido de casos prioritarios y finalizando con casos sin procesar.

Conclusión del presente capítulo

Siendo así, se concluye qué hasta este punto, por medio de la ejecución correcta de la metodología DMADV, se han logrado cumplir los objetivos de medición como de análisis de las dolencias en el área de producción y se ha definido una problemática en concreto para iniciar el diseño de una optimización de procesos.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 Rediseño de procesos

Esta fase del proyecto es la piedra angular, donde se demuestra por medio de un estudio de los tiempos actuales tanto individual como grupal del área de inyección.

Debido a la necesidad de más recurso de mano de obra, siendo éste reconocido en el capítulo cuatro del presente proyecto, se diseña una propuesta sobre contratación de un nuevo empleado denominado “back up”, para poder solventar dicha necesidad de cumplir con la producción en un tiempo prudencial para no afectar el tiempo de entrega respecto al compromiso de la empresa y tener la capacidad de procesar con mayor amplitud los pedidos que llegan al área.

Proceso	Tiempo por técnico min	Tiempo por 2 técnicos min	Tiempo por 3 técnicos min
1. Búsqueda	30	60	40,0
2. Revisión	30	60	40,0
3. Encerado	240	480	320,0
4. Recorte	40	80	53,3
5. Preparación	20	40	26,7
6. Enfrascado	45	90	60,0
7. Fragar	30	60	40,0
8. Colocación de entradas	35	70	46,7
9. Adición vaselina	20	40	26,7
10. Llenado de yeso	60	120	80,0
11. Espera	30	60	40,0
12. Preparación de agua	30	60	40,0
13. Derretimiento de cera	30	60	40,0
14. Preparación del horno	30	60	40,0
15. Preparación final	240	480	320,0
16. Inyección	40	80	53,3
17. Enfriamiento	30	60	40,0
18. Desenfrascado	40	80	53,3
19. Recorte y ajuste	440	880	586,7
20. Pulido	280	560	373,3
21. Release	60	120	80,0
Total	1800	3600	2400,0
Producción	8	16	16

Tabla 11. Propuesta de tiempos con “back up”.

Fuente: Propia. (2022)

Como se puede apreciar en el la tabla previa, la propuesta consiste en dedicar el nuevo tiempo en las 16 prótesis por jornada que actualmente se logran con cuatro días de trabajo.

De una forma más detallada, se puede comprender el porqué de esta propuesta y el nivel de impacto positivo que puede tener con respecto a las tandas de producción actuales.

1 técnico	unidades	horas	minutos
	8	30	1800
2 técnicos	unidades	horas	minutos
	16	60	3600
3 técnicos	unidades	horas	minutos
	16	40	2400
Propuesta			
Cargas	Unidades	horas	Días
Unitaria	5,3	13,33333	1,77
Grupal	16	40	1,77
Jornada	Unidades tand	días labor.	tandas utiles
	16	5,5	3,107344633
Total de producción			49,71751412

Tabla 12. Propuesta de distribución de casos.

Fuente: Propia. (2022)

Es así como se refleja la propuesta de nuevos tiempos:

- Con un técnico se producen 8 prótesis en 4 días.
- Con dos técnicos se producen 16 prótesis en 4 días
- Pero con tres técnicos se producen 16 prótesis en 1,77 días.

Es decir, que con esta propuesta la cantidad de producción se mantiene, pero el tiempo que se tardaba por cada tanda grupal de 16 se redujo en un 55,75%.

Aumentando la cantidad de tandas que se pueden hacer por semana, se pasaría de 1,5 a 3,1 tandas.

Si hablamos en aspectos financieros, esto quiere decir que el 55,75% de la utilidad que está atrasada de manera constante, se vería ingresada un 55,75% de tiempo más pronto de lo que ya estaba.

También se puede destacar que, en promedio, los casos recibidos por semana estaban entre 32 a 38 casos y los casos procesados son 24, y esta propuesta refleja que la capacidad de casos a ser procesada por semana se expandió a 49,71 prótesis.

5.2 Diagrama de operaciones

El siguiente diagrama de operaciones, se muestran los procesos mejorados en tiempo, cuál es su categoría y se incluyen los posibles transportes a realizar durante el cumplimiento de la tanda completa de producción.

Por medio de la propuesta anterior, respecto a considerar un back up, se puede apreciar la disminución en tiempos, de ese 33,3% que será tarea del nuevo colaborador, siendo así que no se verá reflejado un aumento en la producción como tal, sino un aumento en velocidad y capacidad de proceso.

Este presente diagrama de operaciones, cuenta con los procesos por separado, los tiempos en minutos y los movimientos en metros.

También y no menos importante, la representación simbólica de cada proceso, para una mayor facilidad de comprensión sobre el proceso que se visualice.

Esto incluye: operaciones, transportes, almacenamientos, demoras e inspecciones.

Diagrama de operaciones de la fase de inyección

Descripción	○ → ▽ D □	Tiempo	Distancia
Traslado a carpetas	→	0,10 min	8 m
Busqueda	○	19,9 min	
Traslado a puesto	→	0,10 min	8 m
Revisión	□	19,9 min	
Encerado	○	160 min	
Transporte a recortadora	→	0,05 min	4,1 m
Recorte	○	26,55 min	
Transporte a puesto	→	0,05 min	4,1 m
Preparación	○	13,25 min	
Transporte a mesa de yesos	→	0,04 min	3,5 m
Enfrascado	○	29,26 min	
Fraguado	D	20 min	
Traslado a puesto	→	0,04 min	3,5 m
Colocación de entradas	○	23,26 min	
Adición de vaselina	○	13,3 min	
Traslado a mesa de yesos	→	0,04 min	3,5 m
Llenado de yeso	○	39,96 min	
Espera	D	20 min	
Transporte hacia pila	→	0,01 min	1 m
Preparación de agua	○	19,99 min	
Derretimiento de cera	▽	20 min	
Preparación horno	○	20 min	
Transporte a puesto	→	0,06 min	4,2 m
Preparación final	○	159,94 min	
Transporte a horno	→	0,06 min	4,2 m
Inyección	○	26,6 min	
Enfriamiento	D	20 min	
Transporte a puesto	→	0,06 min	4,2 m
Desenfrascado	○	26,6 min	
Recorte y ajuste	○	293 min	
Transporte a pulidora	→	0,05 min	4 m
Pulido	○	186,61 min	
Transporte a puesto	→	0,05 min	4 m
Inspección	○	6,61 min	
Empaque	○	26,6 min	
Transporte a bitácora	→	0,1 min	8 m
Documentación final	○	6,56 min	
Total		1,200 min	64,3 m

Símbolos	
○	Operación
→	Transporte
▽	Almacenamiento
D	Demora
□	Inspección

Figura 35. Diagrama de Operaciones fase Inyección.

Fuente: Propia. (2022)

En la figura anterior se muestra el nuevo comportamiento de cada proceso apoyado en un diagrama de operaciones de ASME, para la fase de Inyección, la cuál es la prioridad.

5.3 Redistribución de planta (Layout)

La siguiente etapa de la propuesta de mejora, radica en una redistribución de planta, contando con los elementos que serán contemplados en el análisis económico que se expondrá más adelante.

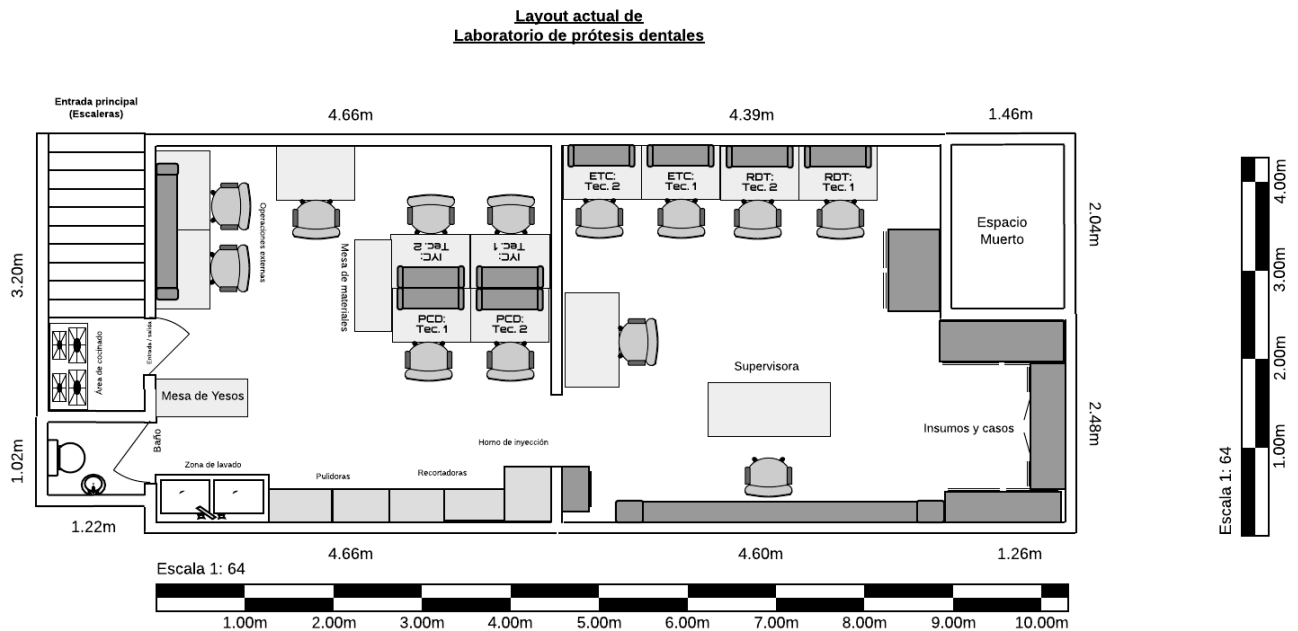


Figura 36. Vista general del laboratorio.

Fuente: Propia. (2022)

Se han tomado en cuenta incluso las otras espinas del diagrama de Ishikawa, que en el capítulo cuatro del presente proyecto se analizaron previamente, ya que también gracias a la matriz de relación entre factores, se conoció el impacto en tiempo que posee cada una.

La presente propuesta de redistribución de planta se enfoca en un ambiente lo óptimo posible, para que los trabajadores puedan tener un espacio seguro, donde trabajar, con las condiciones adecuadas y los materiales y herramientas al mayor alcance posible manteniendo una concordancia incluso en los movimientos que se vayan a realizar por la planta.

Este diagrama cuenta con las siguientes remodelaciones:

- Reorden en los puestos de trabajo: Esto para alinear a los trabajadores y ahorrar espacio al centro, que podría ser de utilidad. también para que todos tengan las mismas entradas y salidas.
- Implementación de un nuevo cubículo de trabajo: Ya que la base de la propuesta consiste en la contratación de un nuevo trabajador, denominado “back up”, se considera importante que tenga un espacio propio para desempeñar las tareas que se le asignen.
- Implementación de una estación de yesos tanto para procesado como para inyección: En la actualidad, se encuentra solo una mesa donde trabajan todas las fases de producción y esto ocasiona que la mesa se sature. Esta mesa es de cemento y es como un pequeño desayunoador. Se propone demolerlo para liberar espacio y comprar dos mesas metálicas para que una sea de prioridad de la fase de inyección y la otra de procesado y las demás fases, viéndose así una reducción de las limitaciones respecto al uso de la misma.

- Implementación de una máquina de inyección: para no ampliar ciegamente la capacidad de producción, se decide proponer la adquisición de una máquina de inyección, para no saturar la que se posee con tres trabajadores.
- Estante de materiales: para poseer al alcance todos los insumos necesarios, se plantea la posibilidad de adquirir un estante o mueble, para un mayor orden en los trabajos.

Es importante rescatar que el Consejo de Salud Ocupacional, recomienda como óptimo un espacio de 2m cuadrados y 2,5 m de alto, sin embargo, en esta ocasión es difícil que cada trabajador tenga estas posibilidades ya que solo se cuentan cerca de 20m cuadrados para la primera mitad del laboratorio.

Por lo tanto, en espacio para cada pulidora y recortadora, se han usado aproximadamente 50 cm de ancho y 50 de largo para que cada trabajador tenga un espacio adecuado para realizar el trabajo adecuado.

5.3.1 Layout actual de la zona de inyección y procesado

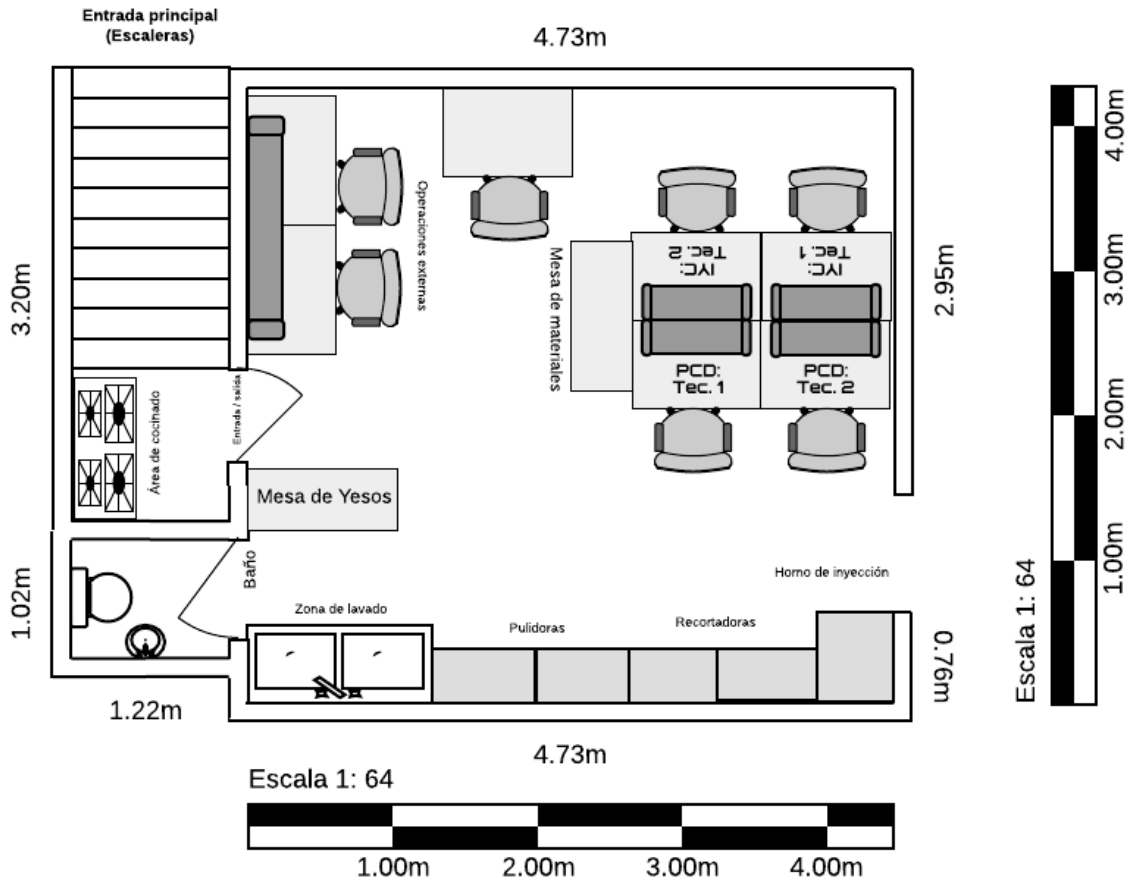


Figura 37. Layout actual.

Fuente: Propia (2022)

5.3.2 Layout propuesto para la fase de inyección

Propuesta de redistribución de planta Laboratorio de prótesis dentales

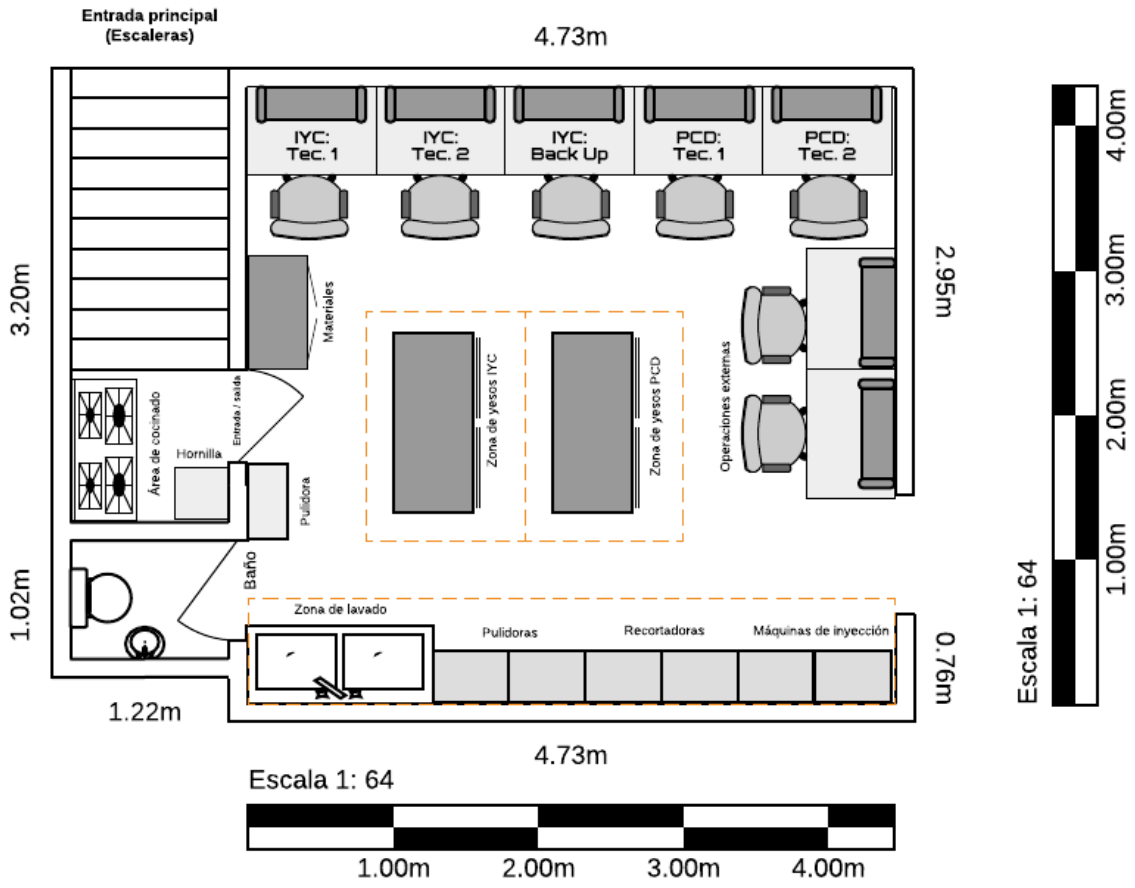


Figura 38. Propuesta de Layout.

Fuente: Propia. (2022)

5.4 Análisis económico

Para finalizar con la propuesta, se puso a prueba la rentabilidad de la misma por medio de ingeniería económica.

El siguiente análisis permite conocer los ingresos actuales y que se verán reflejados una vez puesto en marcha el proyecto. También se reflejan datos recopilados por investigación respecto a los egresos, relacionados a la fase de inyección.

Se puede afirmar que no se conocen la totalidad de egresos, esto por motivos, de que no se obtuvo respuesta por parte de la empresa. Por lo tanto, se pretende utilizar una serie de supuestos como base, para calcular un dato más exacto respecto a la rentabilidad.

Electricidad

Este cálculo se llevó a cabo con los periodos establecidos por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, tomando ambos punta y valle y calculando un promedio entre ambos montos.

A parte de eso, se procedió a calcular Kwh, que consume cada máquina de las que se propuso comprar como parte de la inversión, para así conocer el costo mensual de ambas máquinas.

Consumo de electricidad para máquinas nuevas propuestas						
Máquina	Voltios	Wh	Kwh	Kwh día	Kwh mes	Costo
Pulidora	115	460	0,46	0,9522	11,4264	₡ 1.409,16
Horno Iny.	220	400	0,4	0,116	1,42	₡ 175,12

Máquinas	Horas día	Horas mes	Costo Kwh	Tanda sem.
Pulidora	2,07	24,84	₡ 3,24	3
Horno	0,29	3,55	₡ 3,24	3

Periodos	Costo	Promedio
Punta	₡ 146,20	₡ 123,33
Valle	₡ 100,45	

Tabla 13. Costo de electricidad con las máquinas implementadas.

Fuente: Compañía Nacional de Fuerza y Luz. (2022)

Salario del nuevo back up

En el caso del salario, se tomó como referencia los salarios mínimos en la página del ministerio de trabajo y se aplicaron los debidos rebajos tanto de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) como del Instituto Nacional de Seguros (INS).

Salario	CCSS	INS	Neto
₡ 316.802	10,50%	1,36%	₡ 279.229,00

Tabla 14. Salario aproximado del nuevo técnico.

Fuente: Gerencia de la Fundación Clínicas Sin Fronteras. 2022.

La fuente de este dato ha sido la Gerencia de la Fundación Clínicas Sin Fronteras, específicamente en el área del laboratorio de producción de prótesis dentales para principios del año 2022.

Inversión inicial

Se tomaron como referencia los costos de exportación de cada uno de los materiales y maquinarias propuestas a invertir. Esto se llevó a cabo por medio de una investigación donde se tomaron referencias con las medidas permitidas para seguridad dentro del área de producción. Dichas referencias, se encuentran en la bibliografía del presente proyecto.

Inversión Inicial	
Pulidora	₡ 132.750
Horno	₡ 510.000
Hornilla	₡ 300.110
Mesas (2)	₡ 249.900
Cubículo	₡ 30.800
Silla	₡ 55.000
Mueble	₡ 58.671
₡	1.337.231
Instalación 30%	₡ 401.169
Total	₡ 1.738.400

Tabla 15. Inversión en máquinas y recursos de trabajo.

Fuente: Consultas internet (Ver apéndice 5).

La fuente de los costos de materiales y herramientas, ha sido tomada de precios reales en diferentes sitios web a nivel nacional, adjuntos en la bibliografía. Se han usado sus costes como una referencia para incrementar la exactitud de la inversión, más solo se mantienen como una propuesta.

Como estimación, se decide utilizar un 30% más del total a invertir para fines de instalación y remodelación. De igual manera solo se mantiene este porcentaje como propuesta basada en que la reorganización del área sea en fin de semana, sin afectar directamente la producción diaria.

Egresos

Los presentes egresos se toman a partir de los tres salarios de los técnicos que trabajarán en la fase de inyección como parte de la propuesta. También se tomaron en cuenta la compra de material de inyección que consumirá los tres técnicos de manera mensual, así como el consumo eléctrico que generan las máquinas actuales más las propuestas.

Por otra parte, se decide agregar un 50% más sobre el valor total de los egresos, como gastos en otros materiales o mantenimiento que se realicen de forma periódica.

Egresos	
Salarios	₡ 950.406
Consumo Elc.	₡ 53.169
Materiales	₡ 693.600
Total:	₡ 1.697.175
Otros (50%)	₡ 848.587
Total:	₡ 2.545.762

Tabla 16. Egresos de la fase de inyección (Supuesto).

Fuente: C.S.F (2022)

Flujo mensual o valor futuro

Los ingresos mensuales, se calcularon en base a la producción semanal multiplicada por 4. En estos ingresos, se utilizó el precio de venta de 45.000 por cada prótesis. Una vez obtenido el ingreso en bruto, se restó por los egresos previamente calculados para conseguir un ingreso neto mensual que se aproxime más a un dato certero sin perder objetividad.

Para el primer mes después de realizada la instalación y puesto en marcha el presente proyecto, se estima que la capacidad de casos procesados será de 49 en base al rediseño de procesos, por lo tanto, se podrán trabajar casos que estén en cola al punto de aproximarse a un proceso más estable. Esto sugiere mayores ingresos.

		Antes	Ahora
Mes 1	Casos semanales procesados	24	49
	Precio unitario	₡ 45.000	₡ 45.000
	Ingresos	₡ 1.080.000	₡ 2.205.000
	Ingresos mensuales	₡ 4.320.000	₡ 8.820.000
	Egresos		₡ 2.545.762
	Ingreso neto		₡ 6.274.238

Tabla 17. Ingresos netos primer mes (Supuesto).

Fuente: Propia. (2022)

En el segundo mes, se proyecta una disminución de ingresos, puesto que, si la cola de casos se reduce, los casos que entren se van a trabajar con mayor velocidad por el crecimiento de tandas disponibles por semana, por lo tanto, se estima una producción como mínimo de 36 casos semanales

Mes 2	Casos semanales procesados	24	36
	Precio unitario	₡ 45.000	₡ 45.000
	Ingresos	₡ 1.080.000	₡ 1.620.000
	Ingresos mensuales	₡ 4.320.000	₡ 6.480.000
	Egresos		₡ 2.545.762
	Ingreso neto		₡ 3.934.238

Tabla 18. Ingresos netos segundo mes (Supuesto).

Fuente: Propia. (2022)

Al igual que en el segundo mes, se proyecta una producción más estable que el primero, por lo tanto, se decide mantener el mismo monto, recordando que en promedio entran 6 casos de inyección en la fase de rodetes al día.

Mes 3	Casos semanales procesados	24	36
	Precio unitario	₡ 45.000	₡ 45.000
	Ingresos	₡ 1.080.000	₡ 1.620.000
	Ingresos mensuales	₡ 4.320.000	₡ 6.480.000
	Egresos		₡ 2.545.762
	Ingreso neto		₡ 3.934.238

Tabla 19. Ingresos netos tercer mes (Supuesto).

Fuente: Propia. (2022)

5.4.1 Cálculo del valor actual neto (VAN)

Con los datos anteriores ya en conocimiento, se procedió a realizar el cálculo del VAN, para conocer si el proyecto efectivamente puede mostrar resultados en tres periodos, en este caso dado que se considera que la inversión no es tan elevada, conociendo los ingresos, se considera que estos períodos sean tres meses en adelante a partir de la inversión e implementación del proyecto.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Figura 39. Fórmula del VAN.

Fuente: Google.

A continuación, se puede observar el monto correspondiente a la inversión inicial y los ingresos netos ya calculados para los próximos tres meses posteriores a la inversión inicial.

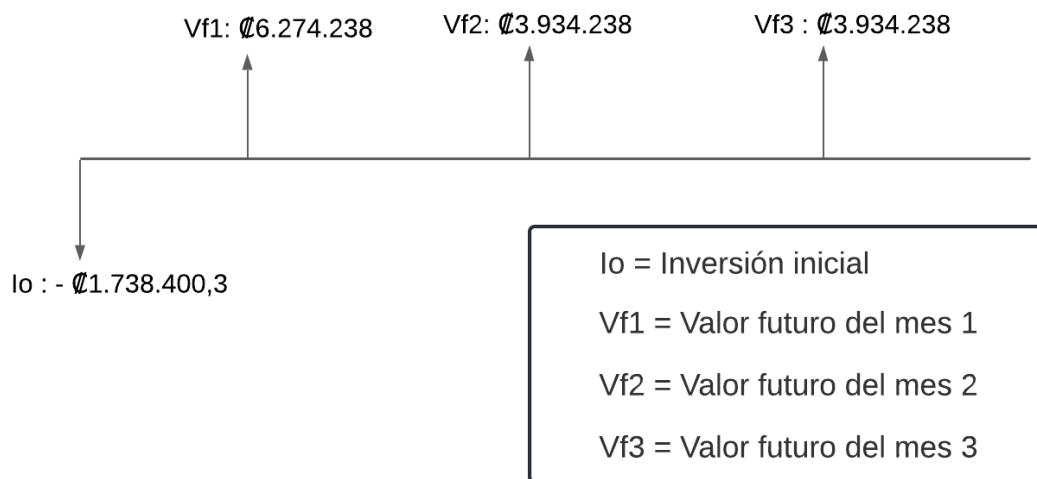


Figura 40. Inversión inicial y valor futuro en 3 periodos (meses).

Fuente: Propia. (2022)

Se propone realizar la inversión de fondos propios, considerando un 15% como mínimo de tasa de descuento para pasar un valor futuro a valor presente, siendo así que los valores futuros son los ingresos durante los próximos tres meses a partir de la inversión.

Por otra parte, se utilizaron los ingresos netos previamente calculados para los tres meses y el monto aproximado de la inversión contando la instalación.

$$\text{VAN} = - \text{C}\$1.738.400,3 + \left[\frac{\text{C}\$6.274.238}{(1 + 15\%)} + \frac{\text{C}\$3.934.238}{(1 + 15\%)^2} + \frac{\text{C}\$3.934.238}{(1 + 15\%)^3} \right] =$$

$$\text{VAN} = \text{C}\$9.279.133,3$$

Figura 41. Desarrollo del VAN.

Fuente: Propia. (2022)

En la figura anterior, se utiliza el monto de la inversión inicial, restando los posibles ingresos de los próximos tres meses, aplicando la fórmula del VAN para conocer si realmente la inversión puede ser rentable en dichos periodos.

Como se puede apreciar se cuenta con un valor positivo, por lo tanto, esta inversión puede considerarse rentable en el plazo de tres meses después de su implementación.

5.4.2 Cálculo la tasa interna de retorno (TIR)

Para realizar el cálculo de esta tasa, primero se utilizó la fórmula del VAN, para encontrar por medio de aproximaciones, el porcentaje más cercano a cero, tanto positivo como negativo, y así poder realizar una interpolación lineal para encontrar la tasa interna de retorno de este presente proyecto.

Como se observó anteriormente, se utilizó una tasa de referencia del 15%, anticipando gastos no contemplados y la creciente inflación.

Cálculo de TIR por medio de Interpolación Lineal

326%	2106,539855
TIR	= 0
327%	-2713,630676

$$\frac{326\% - TIR}{TIR - 435\%} = \frac{2106,539855 - 0}{0 - (-2713,630676)}$$

$$\frac{326\% - TIR}{TIR - 327\%} = 0,7762809706$$

$$326\% - TIR = 0,7762809706 (TIR - 327\%)$$

$$326\% - TIR = 0,7762809706 TIR - 2,538438774$$

$$326\% + 2,538438774 = 0,7762809706 TIR + TIR$$

$$5,798438774 = 1,7762809706 TIR$$

$$\frac{5,798438774}{1,7762809706} = TIR$$

$$3,26437026 = TIR$$

$$326,437026 \% = TIR$$

Figura 42. Desarrollo del TIR por interpolación lineal.

Fuente: Propia. (2022)

Es así como finalmente por medio de interpolación lineal, usando las anteriores referencias, se concluye que este proyecto tiene una tasa de retorno de un 326,437026%.

5.5 Kanban

Es por medio de la detección de una problemática con respecto a los atrasos en la finalización de las prótesis, que se ha tomado la decisión de proponer el uso de la herramienta Kanban, para la verificación en el cumplimiento y finalización de las mismas.

Esta herramienta se puede ajustar a la cantidad de pedidos que hay antes de iniciar, en proceso y terminados y puede funcionar como indicador de que tan lenta o rápida va la producción.

Por medio de una pizarra o un sistema que cuente de 3 sub áreas: Sin iniciar, en proceso y concluida, se agregarán las prótesis en base a su estado actual.

Así con esto, se tendrá control de todo lo que se está procesando e ir al tanto de la situación del área en cuanto a los pedidos.

También se pueden observar unas flechas que van desde la última prótesis llamada (la más reciente en entrar) hasta la primera (la más antigua en entrar), esto para representar a modo de ejemplo, el flujo que hay entre los casos que se trabajen.

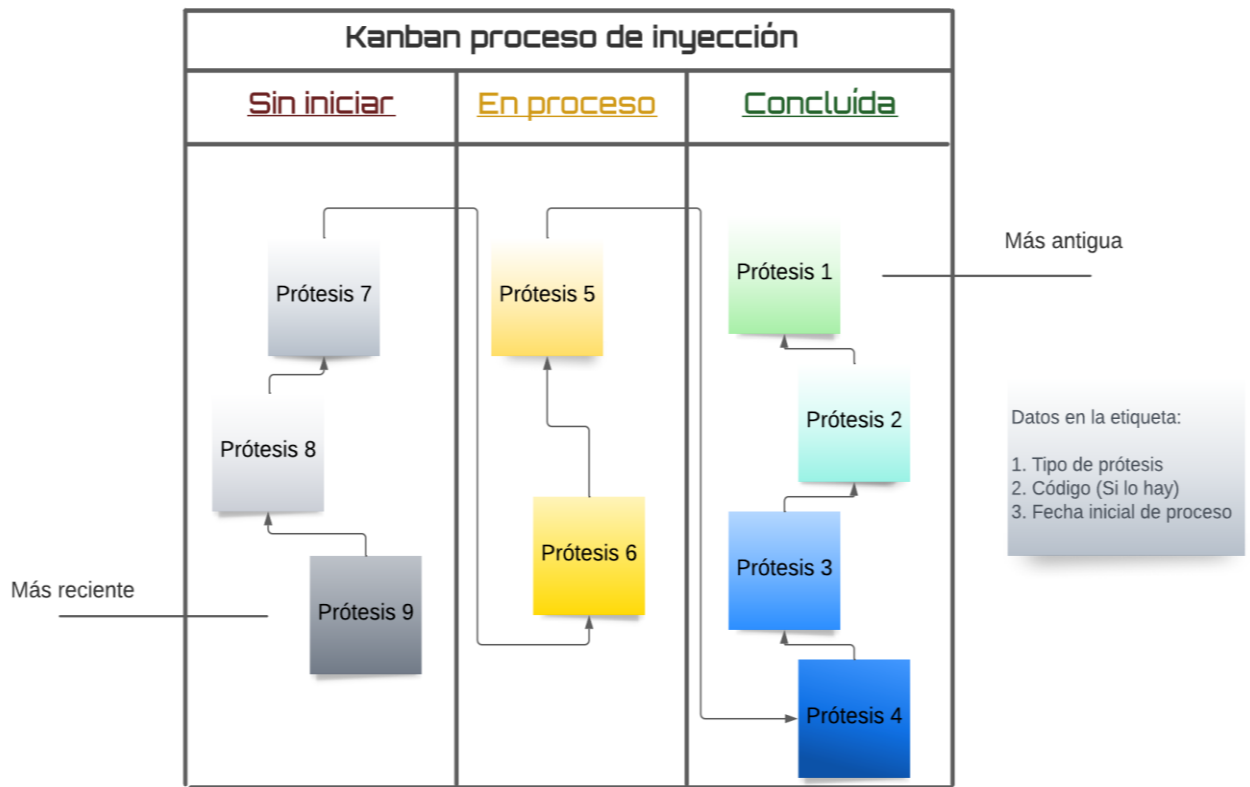


Figura 43. Implementación de Kanban para la verificación.

Fuente: Propia. (2022)

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. La problemática principal ubicada en la fase de inyección del laboratorio dental de la fundación Clínicas Sin Fronteras, se basó en la incapacidad de hacer frente a la totalidad de los pedidos a nivel de producción en un periodo limitado de tiempo y esto como consecuencia ha venido provocando un atraso en las entregas del producto terminado al cliente final. Debido a esto se inició una investigación en cada una de las fases de producción de la compañía, para definir el enfoque del proyecto.
2. La fase con mayor dolencia, fue la de inyección, por lo que se midió la gravedad del problema y en la etapa de análisis, se determinó la necesidad de aumentar la mano de obra para subsanar la problemática que se situaba en los casos actuales dentro del procesos de producción.
3. Siendo así que se diseña una propuesta con su base en el rediseño de procesos, donde se aumenta la cantidad de mano de obra de la fase de inyección a tres técnicos, trabajando sobre las mismas cantidades de casos por tanda, es decir 16 prótesis por tanda. No se aumenta la producción, pero si se disminuye el tiempo de trabajo, generando directamente un aumento en las tandas semanales y esto conlleva indirectamente a un aumento de capacidad productiva. El límite de capacidad de producción de inyección, pasó de ser 24 prótesis a la semana a 49.

4. Por último, para cumplir con los objetivos específicos, se lleva a cabo un análisis económico, en donde la implementación de la propuesta conlleva una inversión aproximada de 1,738,400 con una rentabilidad en 3 meses de más de 300% y el impacto de la propuesta a nivel de producto terminado, sugiere que el tiempo de finalización de las prótesis se redujo más de la mitad.

6.2 Recomendaciones

1. Dado que la producción en la fase de Rodetes es la más estable, se recomienda mover a uno de los dos técnicos ya experimentados a Inyección y que este sea el back up, y que la nueva persona a contratar se instale en Rodetes. Esto por urgencia y porque al ser una persona completamente nueva en el área, necesitaría mayor tiempo de aprendizaje para operar en los procesos de inyección.
2. Se recomienda mantener un orden en la documentación, especialmente en la de los casos diarios. Es decir, que exista un registro de casos pendientes, en proceso y terminados. Para poder tener visibilidad sobre qué se necesita reforzar.
3. Se recomienda implementar sesiones de retroalimentación semanales, donde se pueda obtener feedback por parte de los técnicos del proceso, para buscar mejorar ya que los mismos tienen la información que puede impactar positivamente al área y también las sesiones pueden prestarse para felicitar el trabajo realizado y las metas cumplidas, a modo de salario emocional y de alguna u otra forma, mejorar la productividad.

BIBLIOGRAFÍA

Autores de referencias.

Nohora, L. (2013). Gerencia de compras, la nueva estrategia competitiva.

Camacho, A., Arenas, A. & Duque, M. (2012). Diseño en ingeniería: una posible visión para la evaluación.

Solé, R. (2011). Técnicas de evaluación de flujos de inversión: Mitos y realidades.

Castellano, L. (2019). Kanban. Methodology to increase process efficiency. p 35-37.

Gutarra, F. (2015). Introducción a la Ingeniería Industrial.

Carro, R. & González, D. Diseño y selección de procesos.

Acevedo, A. & Linares, M. (2012). El enfoque del ingeniero industrial para la gestión y decisión en el mundo de las organizaciones. p 2.

Tejada, N., Gisbert, V. & Pérez, A. (2018). Metodología de estudio de tiempo y movimiento; Introducción al GSD.

Torres, B. Optimización de Procesos.

Pérez, G., Gisbert, V. & Pérez, E. (2017). Reingeniería de procesos.

Domenech, J. Diagrama de Pareto.

Burgasí, D., Cobo, D. & Pérez, K. (2021). The Ishikawa diagram as a quality tool in education. Review of the last 7 years.

McCain, C. (2011). Quality Progress: La Matriz de Selección.

López, B. Brainstorming.

Valdés, L. (2018). Manual para la diagramación de procesos.

Janania, C. (2008). Manual de Tiempos y Movimientos Ingeniería de Métodos. p. 10-13.

Murcia, R. (2015). PROPUESTAS DE MEJORA PARA LOS PROCESOS DE LAS CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CON EL PROPÓSITO DE ESTANDARIZAR LOS PROCESOS PARA GARANTIZAR UNA MAYOR CALIDAD EN LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS CON MIRAS AL PROCESO DE ACREDITACIÓN EN SALUD.

Instituciones.

Fundación Clínicas Sin Fronteras. (2022).: <https://www.clinicassinfronteras.org/>

Universidad de Costa Rica. (2019). Needs of the older adult population in dental care: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/gerontologia/article/view/40120/41160>

Ministerio de Salud de Costa Rica. (2020). Población de adultos mayores: https://www.ministeriodesalud.go.cr/sobre_ministerio/prensa/docs/estrategia_comun_riesgo_personas_mayores_02042020.pdf

Colegio de Cirujanos Dentistas de Costa Rica. (2017). Historia de la salud dental en Costa Rica: <http://www.colegiodentistas.org/sitCol/historia/>

ICE. (2022). Tarifas energéticas: <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/669c79e9-84c9-4682-b63b-136238ebc7e2/Tarifas+actuales.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mhcXWgT>

Ministerio de Trabajo de Costa Rica. (2022). Salarios mínimos: https://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/Documentos-Salarios/lista_salarios_2022.pdf

Consejo de Salud Ocupacional (2022).: <https://www.cso.go.cr/>

Lucidchart: <https://www.lucidchart.com/>

Apéndices

Apéndice 1. Zona de trabajo de las dos técnicas de inyección.



Apéndice 2. Área de cocinado.



Apéndice 3. Mesa de yesos actual.



Apéndice 4. Área de maquinarias.



Apéndice 5. Cotización de maquina para inversión.

Máquina de inyección 220V, referencia:

<https://www.amazon.com/-/es/M%C3%A1quina-inyecci%C3%B3n-dentadura-flexible-laboratorio/dp/B07L89SH19?th=1>

Motor de pulido, referencia:

https://www.amazon.com/-/es/Pulidora-alto-rendimiento-banco-trabajo/dp/B0822ZBSYS/ref=pd_day0_3/134-3382039-8239336?pd_rd_w=WhExZ&pf_rd_p=8ca997d7-1ea0-4c8f-9e14-a6d756b83e30&pf_rd_r=9R2PWYHWSREJGEASK07Z&pd_rd_r=7010b7fd-b505-4657-af6f-240ac2142cc5&pd_rd_wg=2qJI7&pd_rd_i=B0822ZBSYS&th=1

Hornilla industrial de un disco:

<https://www.rinox.pe/producto/cocina-industrial-de-1-hornilla/>

Mesa de trabajo, referencia:

<https://www.falabella.com.co/falabella-co/product/11700984/Escriptorio-Cubico-90-cm/11700984>

Silla de escritorio:

<https://www.sillasdeoficinacr.com/product/ss4069/>

Mesas de acero, referencia EPA:

<https://cr.epaenlinea.com/mesa-de-acero-inoxidable-120-x-60-x-90-cm-soporta-hasta-100-kg.html>

Mueble industrial, referencia:

<https://mueblesruiz.net/shop/product/mr-est-02-estanteria-metalica-angulo-ranurado-150cm-x-70cm-4408?category=55555>

Apéndice 6. Carta de aceptación de la Fundación.



14 de junio del 2021.

Estimados Señores:

Por este medio, Yo Ítalo Malca Reátegui, gerente general de la Fundación Clínicas sin Fronteras, con cédula Jurídica 3-006-704338, acepto que el estudiante **MARCO ANTONIO ÁLVAREZ CASTRO**, documento de identidad **02-0752-0058**, estudiante de Ingeniería Industrial en la Universidad Hispanoamérica, realice su proyecto de graduación (TESIS), para el grado de licenciatura, el cual estará realizando durante el tercer cuatrimestre del año dos mil veintiuno.

Realizando el proyecto de graduación en el área del laboratorio Dental Servimed.

Se extiende la presente a solicitud del interesado para fines que estime convenientes, el lunes 14 de junio del 2021. Es todo. _____

Atentamente,

Ing. Ítalo Malca Reátegui
Gerente General
FUNDACIÓN CLÍNICAS SIN FRONTERAS



Apéndice 7. Carta de finalización del proyecto.

SERVIMED IQUITOS S.A.

Estimados señores:

Por este medio, yo Patricia Rueck, supervisora del laboratorio dental Servimed Iquitos, hago constar la finalización del proyecto de graduación: "optimización del proceso de producción de Prótesis dentales de la Fundación Clínicas sin Fronteras durante el tercer cuatrimestre del ciclo dos mil veintiuno", del estudiante Marco Antonio Álvarez Castro, cedula 2-0752-0058, estudiante de Ingeniería Industrial en la Universidad Hispanoamericana, en grado de licenciatura.

Se extiende la presente a solicitud del interesado para fines que estime conveniente, el martes 29 de marzo del 2022. Es todo -----

Atentamente


De la rotonda de la Y Griega 20 metros al Norte camino a Plaza Viquez, contiguo al Centro
Comercial del Sur

Nº Teléfono: 2227-2221 ext. 212

aniluciarp@hotmail.com