

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

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

**Propuesta de aumento en la productividad de la línea
Dynamic en la empresa Medic S.A.**

AUTORA

Montserrat Vargas Carvajal

TUTOR

Ing. Allan Mora Vargas

LECTOR

Ing. Allan Maroto Coto

San José

Agosto, 2019

Dedicatoria

El presente proyecto va dedicado a las personas que a lo largo de mi etapa estudiantil han estado presentes y me han motivado y apoyado para lograr mi meta. En especial a mi familia; mi mamá, papá, tía, tío, abuela y abuelo que me cuida desde el cielo y siempre han sido motivo de apoyo para salir adelante y me han abierto las puertas para mi crecimiento personal y profesional. Sin ellos no hubiera podido estar en este momento culminando la licenciatura en Ingeniería Industrial.

Agradecimientos

Al igual que en la dedicatoria quiero agradecer a mi familia, quienes siempre han estado para mí desde pequeña impulsándome a crecer tanto personal como profesionalmente. En especial a mi mamá, que sin ella no hubiera podido realizarme como profesional.

Quiero agradecer a mis compañeros y amigos durante mi carrera, quienes me han ayudado a aprender la realidad de la vida, a crecer día con día y adaptarme al cambio y a las circunstancias que se presentan.

También me gustaría agradecer a la empresa Medic S.A. por abrirme sus puertas para realizar la práctica profesional y poder realizar la tesis en sus instalaciones, donde he podido desarrollar lo aprendido en el transcurso de la universidad y aprender día con día nuevas herramientas y métodos profesionales para afrontar las situaciones laborales.

Quiero agradecer a los profesores que han estado presentes a lo largo de mi carrera para brindarme una mano en el momento en que he tenido dudas o he necesitado ayuda tanto laboral como académicamente, en especial a William Delgado, Alejandro Leiva y Carlos Calderón. Al director de carrera Freddy Hernández por ser un gran apoyo desde el momento en que fue mi profesor y al día de hoy.

Y, por último, un agradecimiento muy profundo al profesor Allan Mora Vargas quién me acompañó en el proceso de tesis y me ha brindado su ayuda a lo largo de mi desarrollo académico y hasta laboral. Sin él llegar hasta aquí no hubiera sido posible, ha sido fuente de inspiración y motivación para la persona que quiero llegar a ser.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se desarrolla en la empresa Medic S.A. la cual se ubica en la provincia de Heredia, Costa Rica desde hace quince años, dicha empresa cuenta con una sede en la zona de Coyoil, Alajuela. La empresa Medic S.A. se dedica a la producción de implementos médicos, específicamente catéteres de electrofisiología.

Con base en datos de las primeras veinte semanas del año 2019 se puede determinar que la empresa Medic S.A. tiene un problema de productividad en la sede de Heredia en una de las líneas de producción denominada Dynamic. La productividad de la línea se define con base en la producción generada en comparación con la producción planeada.

En la semana cinco del año la empresa debía producir 2815 piezas y produjo en realidad 1776, lo que equivale a un 41.78% de lo planeado, dejando de producir un 58.22%. Con base en estos datos se calcula un promedio de cuánto puede aumentar la productividad si se produce lo que está planeado, y sería en un 13%.

Para aumentar la productividad se realizó un estudio de los factores que la afectan dentro de los cuales se encontró el ausentismo, salidas de la compañía (renuncias o despidos), **scrap**, métricas de entrenamiento donde no hay operarios entrenados en algunas estaciones y por esto no se puede correr la línea de producción y los incidentes de seguridad.

Durante las primeras veinte semanas del año, se han generado veintidós salidas de la línea de producción las cuales han sido por motivos como oportunidades laborales, oportunidades académicas y por la cantidad de amonestaciones se proceden a realizar despidos afectando las demás métricas.

Como parte de las propuestas de mejora de la productividad se propone un nuevo perfil laboral para los operarios de la línea de producción. Realizar un proyecto denominado SME Knowledge donde el especialista de entrenamiento en conjunto con el ingeniero de manufactura y un experto en el proceso de la estación definida, en este caso la estación de soldar alambre se reúne a revisar detalladamente el procedimiento, buscar oportunidades de mejora y proyectos que puedan facilitar el periodo de entrenamiento y reducir las métricas de **scrap** de la estación.

Adicional a esto se propone un proyecto de mejora en el proceso de certificación como SME (Subject Matter Expert, experto en la materia) ya que estas personas son quienes generan los

entrenamientos de los operarios y no se encuentran lo suficientemente motivados para realizarlos, además, no se le da trazabilidad a la certificación ni se realizan certificaciones anuales.

Por último, se proponen planes de contingencia, ya que departamentos como entrenamiento o ingeniería de manufactura realizan proyectos y planes para reducir las métricas rojas de la línea y no como contingencia para prevenir que estas se pongan rojas.

Como conclusión, hace falta motivación para los operarios y un equipo que trabaje para prevenir lo que podría suceder en la línea y no que trabaje únicamente para cambiar la situación actual.

CONTENIDO

Dedicatoria	1
Agradecimientos	2
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL TUTOR	3
CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA	4
DECLARACIÓN JURADA	6
CÓDIGO DE ÉTICA	7
RESUMEN EJECUTIVO	9
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	20
Generalidades de la Empresa	20
Antecedentes históricos.	20
Visión de la empresa.	21
Misión de la empresa.	21
Estructura organizativa.	21
Tipos de productos.	22
Mercados de exportación.	22
Descripción general del proceso productivo.	22
Planteamiento del Problema	24
Objetivos del Proyecto	24
Objetivo general.	24
Objetivos específicos.	25
Justificación	25
Antecedentes	25
Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?	25

Relación entre el Lean Manufacturing y la seguridad y salud ocupacional. _____	26
Aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en un proceso de producción de concreto. _____	26
Ausentismo laboral y factores de riesgo cardiovascular en empleados públicos hospitalarios _____	27
Modelo metodológico de implementación de Lean Manufacturing _____	27
Proyecciones _____	28
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO _____	29
Árbol de fallas _____	30
Capacitación _____	30
Objetivos del plan de capacitación. _____	30
Cargas de trabajo _____	31
Carga física. _____	31
Carga mental. _____	31
Ciclo PHVA _____	31
Planear _____	32
Hacer _____	32
Verificar _____	32
Actuar _____	32
Diagrama de procesos _____	32
Encuestas _____	33
Ergonomía _____	33
Factores _____	34
Factores controlables. _____	34
Factores no controlables o de ruido. _____	34
Factores estudiados. _____	34
Gestión de recursos humanos _____	35

Gráficos de control _____	35
Tipos de gráficos de control _____	36
Lean Manufacturing _____	37
Matriz causa y efecto _____	38
Método de las 6M _____	38
Matriz FMEA _____	39
Actividades para realizar un FMEA _____	40
Mejora continua _____	40
Beneficios de la mejora continua. _____	40
Metodologías para aplicar en procesos de mejora continua. _____	41
Ocho disciplinas (8D) _____	41
Disciplina uno. Establecer un grupo para la solución del problema _____	41
Disciplina dos. Descripción del problema _____	42
Disciplina tres. Desarrollar una solución temporal _____	42
Disciplina cuatro. Análisis de la causa raíz _____	42
Disciplina cinco. Desarrollar soluciones permanentes _____	43
Disciplina seis. Implementar y validar soluciones _____	43
Disciplina siete. Prevenir la recurrencia _____	43
Disciplina ocho. Cerrar el problema y reconocer contribuciones _____	44
Productividad _____	44
Salud ocupacional _____	45
Series de tiempo _____	45
Componentes de una serie de tiempo. _____	45
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO _____	46
Enfoque _____	46

	14
Cualitativo. _____	46
Cuantitativo. _____	46
Mixto. _____	47
Alcance _____	47
Exploratorio. _____	47
Descriptivo. _____	47
Correlacional. _____	48
Explicativo. _____	49
Diseño / Método _____	49
Diseño de investigación cuantitativa. _____	49
Muestra de la Investigación _____	50
Variables o Unidades de Análisis _____	50
Instrumentos _____	51
Proceso para la Recolección de Datos _____	52
Método de Análisis _____	52
Cronograma _____	52
WBS. _____	52
Diagrama de Gantt. _____	53
CAPÍTULO IV DIAGNÓSTICO _____	55
Metodología DMAIC _____	55
Definir _____	56
Medir _____	62
Analizar _____	78
Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) _____	78
Ausentismo del personal _____	80

Entrenamiento del personal	81
Fallos de equipo	82
Seguridad laboral	83
Desperdicios de la línea	84
Análisis del árbol de fallas	84
Cuadro de mando integral	86
Finanzas	87
Clientes	87
Procesos internos	87
Formación y crecimiento	88
Clima organizacional	89
Espacio físico	89
Estructura	90
Responsabilidad	92
Identidad	92
Comunicación	92
Capacitación	93
Liderazgo	93
Motivación	94
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
Conclusiones	95
Recomendaciones	97
CAPÍTULO VII PROPUESTA	99
Propuesta	99
Implementar	99

Metodología 8D _____	99
Disciplina 1: Formar un equipo de trabajo _____	99
Disciplina 2: Determinar el problema _____	100
Disciplina 3: Solución provisional _____	100
Disciplina 4: Análisis de las causas _____	100
Disciplina 5: Acciones correctivas permanentes _____	101
Disciplina 6: Implementar y dar seguimiento a la acción correctiva permanente _____	101
Disciplina 7: Prevención de problemas _____	101
Disciplina 8: Cierre del problema _____	101
SME Knowledge _____	104
Perfil de operario _____	105
Proyecto SME's _____	107
Plan de contingencia _____	109
Controlar _____	112
Análisis Económico _____	113
SME Knowledge _____	113
Proyecto SME's _____	114
Plan de Implementación _____	117
REFERENCIAS _____	118
A. Lind, D., A. Wathen, S., & G. Marchal, W. (2012). <i>Estadística aplicada a los negocios y la economía</i> . México: McGraw Hill. _____	118

FIGURAS

FIGURA 1. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA	22
FIGURA 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO	23

FIGURA 3. MAPA CONCEPTUAL DEL MARCO TEÓRICO	29
FIGURA 4. SÍMBOLOS DEL DIAGRAMA DE PROCESOS.....	33
FIGURA 5. FÓRMULA PARA CALCULAR LA PRODUCTIVIDAD	45
FIGURA 6. CRONOGRAMA WBS DEL PROYECTO	53
FIGURA 7. DIAGRAMA DE GANTT	54
FIGURA 8. TENDENCIA DEL OUTPUT DE LA LÍNEA DE DYNAMIC.....	57
FIGURA 9. DIAGRAMA ISHIKAWA DE LA BAJA PRODUCTIVIDAD.....	59
FIGURA 10. HISTOGRAMA DE SCRAP	63
FIGURA 11. INTERVALOS DE SCRAP POR SEMANA	64
FIGURA 12. HISTOGRAMA SCRAP DE COMPONENTES.....	65
FIGURA 13. INTERVALOS DEL SCRAP DE COMPONENTES POR SEMANA	66
FIGURA 14. ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE LAS SALIDAS DE LA LÍNEA DE DYNAMIC	68
FIGURA 15. CAUSAS DE LAS SALIDAS DE LA COMPAÑÍA.....	69
FIGURA 16. EVENTOS DE SEGURIDAD EN EL PU DE MAPPING AND STEERABLES.....	75
FIGURA 17. TENDENCIA DEL AUSENTISMO EN LA LÍNEA.....	76
FIGURA 18. ISHIKAWA DEL AUSENTISMO	80
FIGURA 19. ISHIKAWA DE LA FALTA DE ENTRENAMIENTO.....	81
FIGURA 20. ISHIKAWA DE LOS PAROS DE MÁQUINA.....	82
FIGURA 21. ISHIKAWA DE LOS INCIDENTES / RECORDABLES DE SEGURIDAD	83
FIGURA 22. ISHIKAWA DEL SCRAP	84
FIGURA 23. ANÁLISIS DEL ÁRBOL DE FALLAS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE DYNAMIC.....	85
FIGURA 24. CUADRO DE MANDO INTEGRAL	86

FIGURA 25. PERFIL ACTUAL DE OPERARIO PARA LA EMPRESA MEDIC S.A.....	106
FIGURA 26. PERFIL PROPUESTO PARA OPERARIO DE LA EMPRESA MEDIC S.A.....	107
FIGURA 27. MATRIZ DE ENTRENAMIENTO.....	110
FIGURA 28. PROPUESTA PARA EL PLAN DE ENTRENAMIENTO	111

TABLAS

TABLA 1. VARIABLES DE ANÁLISIS	50
TABLA 2. INSTRUMENTOS	51
TABLA 3. OUTPUT DE LA LÍNEA DE DYNAMIC 2019	56
TABLA 4. OUTPUT PLANEADO NEGATIVO.....	58
TABLA 5. DIAGRAMA ES / NO ES	60
TABLA 6. CANTIDAD DE SCRAP GENERADO POR SEMANA.....	62
TABLA 7. VALOR DEL SCRAP DE COMPONENTES.....	64
TABLA 8. SALIDAS DE LA LÍNEA DE DYNAMIC EN EL 2019	66
TABLA 9. SALIDAS DE LA COMPAÑÍA.....	68
TABLA 10. CAUSAS DE LAS SALIDAS DE LA COMPAÑÍA.....	69
TABLA 11. MÉTRICAS DE ENTRENAMIENTO DE DYNAMIC.....	70
TABLA 12. CERTIFICACIONES GANADAS Y PERDIDAS DEL 2019	71
TABLA 13. EVENTOS DE SEGURIDAD EN EL ÁREA DE DYNAMIC	72
TABLA 14. EVENTOS DE SEGURIDAD	73
TABLA 15. AUSENTISMO DE LA LÍNEA.....	75
TABLA 16. EFICIENCIA Y UTILIZACIÓN DE LA LÍNEA	77
TABLA 17. FMEA MEDIC S.A.	78

TABLA 18. LUGAR DE HABITACIÓN DE LOS OPERARIOS	90
TABLA 19. METODOLOGÍA 8D	101
TABLA 20. REPRESENTANTES DE LAS MÉTRICAS	113
TABLA 21. COSTO DE LAS HORAS EXTRAS PARA SME KNOWLEDGE.....	114
TABLA 22. COSTOS DE LA REESTRUCTURACIÓN DE SME'S.....	115
TABLA 23. VALOR DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA	115
TABLA 24. PIEZAS PERDIDAS POR SEMANA	116
TABLA 25. PIEZAS GANADAS	116
TABLA 26. VALOR PERDIDO POR MES	117
TABLA 27. DIAGRAMA DE GANTT PARA LA IMPLEMENTACIÓN.....	118

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Medic S.A. es una compañía multinacional líder a nivel mundial en la manufactura de dispositivos médicos menos invasivos. Fundada en 1979, en Estados Unidos. Se han alcanzado los 24 mil empleados a nivel mundial de los cuales 3000 pertenecen a Costa Rica.

En Costa Rica se iniciaron operaciones en el 2004 en Heredia y la segunda planta se abrió en el 2009 ubicada en Coyol de Alajuela.

Este proyecto se va a enfocar en la planta de Heredia en la línea de producción de Dynamic sobre los niveles de ausentismo de los operarios, por diferentes motivos como incapacidades, permisos, maternidades o renunciaciones. La línea cuenta actualmente con 55 operarios y los niveles de ausentismo superan la meta de la planta de ausentismo por día, la cual es equivalente a un 6% por día.

Actualmente para cumplir con la producción se están utilizando operarios de otras líneas y se está pagando horas extra a los operarios, lo cual genera altos costos de salario, horas extra y pago de incapacidades. Esto a causa de no cumplir con la meta de producción por tener en la línea menos personal del requerido.

El propósito es encontrar las razones por las que la línea tiene este nivel de ausentismo y así aumentar la productividad de la línea por medio de la reducción de costos.

Generalidades de la Empresa

Antecedentes históricos.

En 1978 dos personas buscaban soluciones. Una de ellas quería ser un inversionista para Medi-Tech, una empresa que se incorporó en el año 1979 la cual fue pionera en el campo de la medicina intervencionista, donde su visión radicaba en crear nuevos mercados para la medicina menos invasiva y difundir la información sobre los productos de Medi-Tech. La otra persona quería construir una empresa y el resultado fue Medic S.A., fundada en 1979. De esta manera pudieron formar parte de Medi-Tech. Estas personas fundaron Medic S.A. con el objetivo de salud pública para beneficiarse trayendo opciones médicas más accesibles, de menor costo y menor trauma a los pacientes, así como, para convertirse en un líder en todos los aspectos de la industria. Además, crearon una cultura en la que los empleados comparten y creían en ello.

Por lo que su viaje de innovación inició en 1979, cuando sus catéteres dirigibles revolucionaron y fueron utilizados por primera vez en procedimientos menos invasivos. Hoy, continúa su legado de ofrecer innovación significativa para satisfacer las necesidades de los pacientes de todo el mundo.

Medic S.A. inició su primera planta de operaciones en Costa Rica en el año 2004, cinco años después abrió la segunda planta en el mismo país con la finalidad de migrar por completo de la primera planta, mientras este edificio se remodelaba para realizar la transferencia de nuevos productos provenientes de Estados Unidos. Actualmente ambas plantas tienen alrededor de 4000 empleados.

Visión de la empresa.

La compañía Medic S.A. está dedicada a transformar la calidad de vida, ofreciendo soluciones médicas innovadoras que mejoran la salud de los pacientes de todo el mundo.

Misión de la empresa.

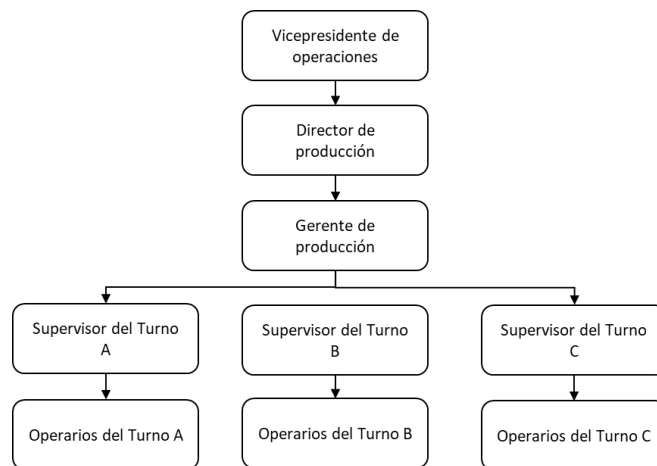
Continuar innovando en estas áreas y ampliar dichas innovaciones en nuevas geografías y mercados de aproximación de alto crecimiento.

Estructura organizativa.

El departamento donde se desarrollará el proyecto es en el departamento de producción. El cual se encuentra liderado por el vicepresidente de operaciones, posteriormente está el director de producción y este es el encargado de los supervisores de producción de cada turno de trabajo. En la

Figura 1. Estructura organizativa, se muestra de manera detallada lo mencionado anteriormente.

Figura 1. Estructura organizativa



Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Tipos de productos.

Medic S.A. manufactura dispositivos médicos encargados de realizar procedimientos quirúrgicos menos invasivos. La planta donde se va a desarrollar el proyecto está destinada para manufacturar cables guías y dispositivos médicos destinados para electrofisiología. Dichos productos son utilizados en los campos de la salud que intervienen la cardiología, urología, endoscopía e intervenciones periféricas.

El presente proyecto se concentrará en la manufactura de catéteres de electrofisiología.

Mercados de exportación.

Los dispositivos que se manufacturan en Costa Rica son exportados a Estados Unidos donde están ubicados los centros de distribución. Una vez que llegan los productos, cada uno es encargado de distribuirlos a los hospitales, los cuales serían el cliente final.

Descripción general del proceso productivo.

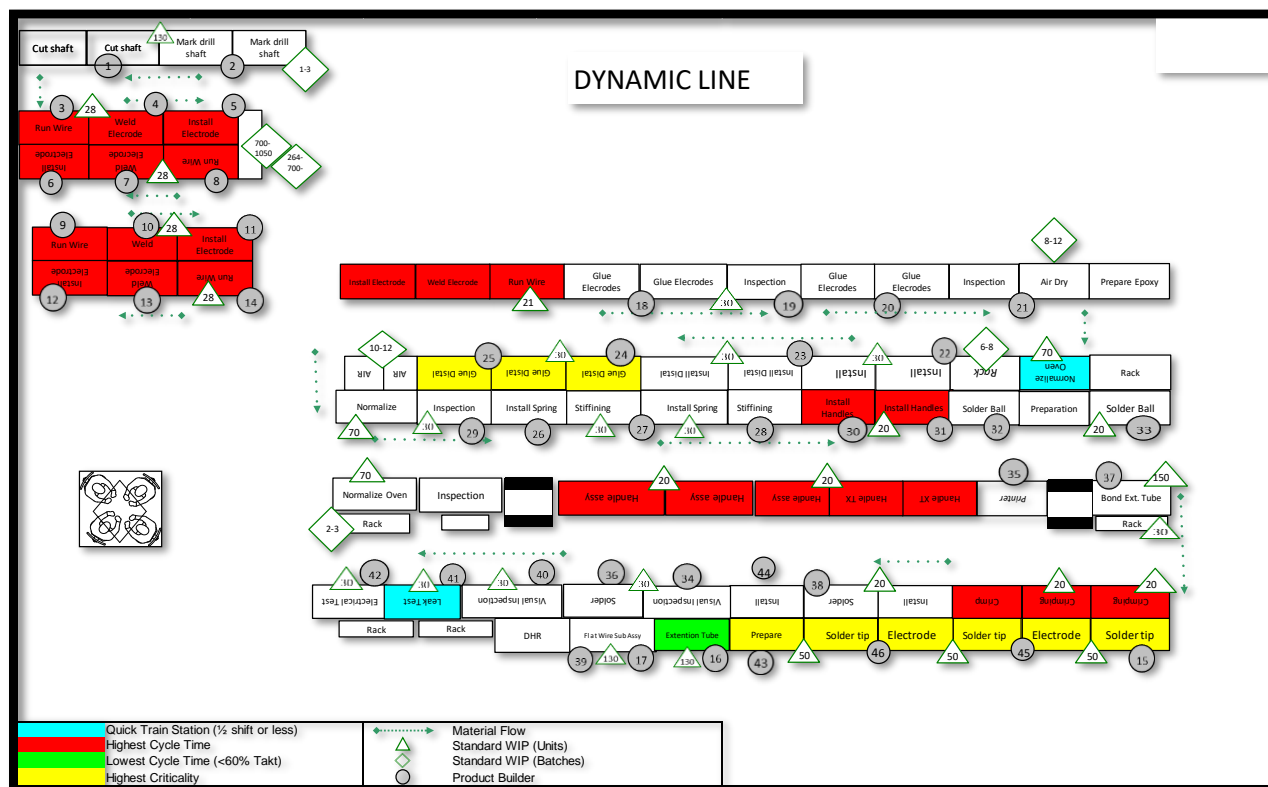
El producto realizado en Dynamic fue introducido al mercado en el año 1990, este es parte de los de electrofisiología. La electrofisiología cardíaca es la ciencia de los mecanismos, funciones, y desempeño, de las actividades eléctricas de las regiones específicas del corazón. Este término es generalmente usado en describir estudios de tales fenómenos por medio de grabación (intracardiaca) invasiva de la actividad espontánea así como de respuestas cardíacas a la estimulación eléctrica programada.

Los catéteres de la línea de Dynamic se dividen en EPXT, Dynamic Tip y Dynamic XT los cuales son productos de diagnóstico que se utilizan para censado intracardiaco temporal y estimulación temporal durante la evaluación de arritmias cardíacas.

Estos catéteres de diagnóstico son introducidos en el corazón usualmente a través de la vena femoral (vena cava). Una vez en el corazón, el catéter es colocado en contacto con su superficie en la posición que los doctores necesiten o deseen durante el procedimiento para coleccionar las señales eléctricas.

Por lo que en la Figura 2. Descripción general del proceso se presentan todas las estaciones que tienen en el área, la cantidad de líneas por estación y el flujo que lleva generar estas piezas.

Figura 2. Descripción general del proceso



Nota: Médic S.A.

Planteamiento del Problema

Actualmente la línea de producción presenta altos niveles de ausentismo por parte de los operarios; esto se da por motivos como permisos temporales, incapacidades o renunciaciones. Es por esto que la línea cuenta con operarios “flotantes”, estos son operarios extra que se tienen como recurso cuando sucede una ausencia por parte de otro operario.

El mes de enero 2019 ha presentado un promedio de 9% de ausentismo por parte del personal lo que equivale a 9 personas ausentes en promedio por día. Por lo que se tuvo que recurrir a utilizar operarios de otra línea llamada Orbiters que estaba detenida por falta de material, y así salir con la producción de Dynamic. Sin embargo, estos recursos obtenidos de Orbiters se tuvieron que devolver a su línea el día 11 de febrero de 2019 ya que comenzaba a correr nuevamente por la llegada del material faltante.

La línea de Dynamic trabaja en turno A y turno B, el presente proyecto se va a enfocar en los niveles de ausentismo de ambos turnos de la línea de Dynamic. Actualmente se tienen 55 operarios dentro de la línea de producción para turno A y 35 para turno B, para un total de 90 en la línea estos se dividen en operarios denominados “PB”, supervisores denominados “PBIV” y flotantes que son aquellos que se colocan en la línea en el momento que hay ausentismo.

Este proyecto se enfoca en el ausentismo a causa de los altos porcentajes de permisos, incapacidades y renunciaciones que se presentan en la línea durante los dos turnos de trabajo. El turno A es de 6:00 a.m. a 3:30 p.m. de lunes a viernes y el turno B es de 3:30 p.m. a 10:00 p.m. de lunes a viernes.

Por tal motivo se plantea la siguiente pregunta:

¿Cómo mejorar el proceso de la línea de Dynamic en la empresa Medic S.A. mediante la metodología DMAIC para aumentar en al menos un 13% la productividad de catéteres de electrofisiología?

Objetivos del Proyecto

Objetivo general.

Proponer una mejora en el proceso de la línea de Dynamic en la empresa Medic S.A. mediante la metodología DMAIC para aumentar en al menos un 13% la productividad.

Objetivos específicos.

- Definir los factores internos o externos vinculados a la productividad del proceso de los catéteres de electrofisiología de la línea de Dynamic.
- Medir las variables asociadas a los factores que afectan el proceso productivo de los catéteres de electrofisiología de la línea de Dynamic.
- Analizar la relación entre los factores internos y externos del proceso productivo con la productividad.
- Proponer estrategias que permitan aumentar la productividad de la línea.
- Establecer indicadores que permitan controlar la productividad.

Justificación

Con el presente proyecto se pretende identificar los factores que afecten la productividad en el proceso productivo de los catéteres de electrofisiología de la línea Dynamic; así como la causa raíz del ausentismo de la línea, la causa de las renunciaciones para generar una propuesta de mejora que beneficie a la línea de manera que este porcentaje disminuya.

Es importante aumentar la productividad en al menos un 15% ya que métricas como yield, Schedule adherence, **scrap** o training se ven afectadas por la falta de personal. Esto a causa de que a menor cantidad de operarios en la línea deben producir más rápido quitando estabilidad a las métricas.

En ocasiones el **scrap** ha aumentado a causa de la presión que sienten los operarios al tener que cumplir con una meta establecida a menor cantidad de personal.

Por lo que se busca estabilizar la asistencia del personal y así estabilizar las métricas que se llevan día con día en la línea de producción y así poder cumplir con la demanda requerida a un menor costo.

Antecedentes

Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?

En este estudio científico Vargas Hernández, Muratalla Bautista, & Jiménez Castillo (2006), analizaron el impacto de la implementación de la herramienta Lean Manufacturing en la mejora continua y la optimización de un sistema de producción.

En el estudio científico se muestra como las empresas que han puesto en práctica Lean Manufacturing como su filosofía de trabajo han experimentado reducciones significativas en las áreas utilizadas, costos de producción, inventarios, costos de calidad, costos de compra y tiempo de espera, al mismo tiempo que aumentan su productividad, flexibilidad, mejoran la calidad, mejor utilización del personal y logran un mejor uso del espacio y máquinas.

Actualmente uno de los principales objetivos que busca el **Lean Manufacturing** es conseguir el bienestar del personal y al mismo tiempo crear empleados con capacidad de realizar diferentes tareas o actividades con agilidad, esto gracias a los programas de desarrollo de los empleados.

Relación entre el Lean Manufacturing y la seguridad y salud ocupacional.

En la nota científica de Montero Martínez (2016) se relaciona la salud y seguridad ocupacional con el Lean Manufacturing, mediante metodologías como la 5 Ss, el Poka Yoque, eventos como el Kaizen o la aplicación de los mapas del flujo de valor.

El foco distintivo de Lean Manufacturing es disminuir las pérdidas que frecuentemente forman parte culturalmente intrínseca de las prácticas de producción en las organizaciones. Se pueden presentar siete fuentes de pérdidas tales como; la sobreproducción, inventario de proceso en exceso, transportes en exceso, pensamiento en exceso, movimientos innecesarios, esperas innecesarias o productos defectuosos.

Sobre estas fuentes de pérdida es donde se concentra Lean Manufacturing con sus diversas metodologías para disminuir el impacto negativo que brinda a la producción cada uno de los puntos mencionados anteriormente.

Aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en un proceso de producción de concreto.

En el estudio científico de Figueredo Lugo, (2015) se proyectó la aplicación de Lean Manufacturing en un proceso de producción de concreto premezclado, en el cual se detectó una variedad de desperdicios, siendo los más impactantes las demoras que incidieron negativamente en la productividad de dicho proceso.

En este estudio se desarrolló un mapa de la cadena de valor, se definieron las variables de medición para establecer las comparaciones básicas de un antes y un después utilizando los conceptos del indicador OEE.

Este estudio permitió conocer la descripción y el acercamiento hacia el problema, en cuyo análisis se determinó que la productividad estaba afectada por demoras asociadas a la falta de coordinación, planificación, paradas del proceso, averías y fallas en el sistema de dosificación de aditivos, escasez de materias primas y fallas en los flujos de información y canales de comunicación.

Gracias a este estudio se realizó una prueba piloto sobre la unidad de análisis, basado en la política de máximos y mínimos de inventario de materias primas, en un lapso de tres meses dando resultados positivos en la eliminación del desabastecimiento de las mismas y por ende en la reducción de las paradas no planificadas del proceso de producción.

Ausentismo laboral y factores de riesgo cardiovascular en empleados públicos hospitalarios

Castillo Rascón, y otros, (2016) realizaron un estudio científico sobre el ausentismo laboral por enfermedad y su relación con edad, sexo, nivel de instrucción, ocupación y factores de riesgo cardiovascular en empleados públicos hospitalarios. Se realizaron encuestas personales, mediciones antropométricas, de presión arterial y extracciones sanguíneas, además, se utilizó el modelo de riesgos proporcionales de Cox usando como variable dependiente el ausentismo laboral.

Todo este estudio se realizó para identificar las causas de ausentismo del personal.

Modelo metodológico de implementación de Lean Manufacturing

En este estudio científico Sarria Yépez, Fonseca Villamarín, & Bocanegra Herrera (2017) diseñaron una metodología flexible de implementación de **lean manufacturing** dirigido a empresas industriales, que partió de los modelos teóricos existentes.

Lean Manufacturing es un conjunto de principios y herramientas de gestión de la producción que busca la mejora continua, se ha convertido en una alternativa que ha mostrado su versatilidad al ser adoptada en los diferentes escenarios del sector industrial.

Entre algunos temas importantes de las practicas **Lean** es importante mencionar la estructura del sistema de producción según la disposición de los pilares **Lean** determinados en la Casa Toyota.

Proyecciones

Se busca identificar las causas y variables que influyen en tener una baja productividad en la línea de producción.

Mediante datos históricos sobre las causas y variables obtenidas en el consultorio médico y en el departamento de recursos humanos se buscará segmentarlos para medir su impacto dentro de la productividad de la línea.

La rotación y el ausentismo de personal se deben a diferentes variables por lo que se pretende conocer su relación y así definir cuál o cuáles son las de mayor impacto para trabajar con ellas buscando siempre la mejora continua y a la vez un aumento en la productividad.

Una vez identificadas las variables que generan la rotación y el ausentismo se va a proponer una mejora en el proceso que ayude a disminuir los costos por horas extra, contratación de personal extra e incapacidades generadas en el proceso.

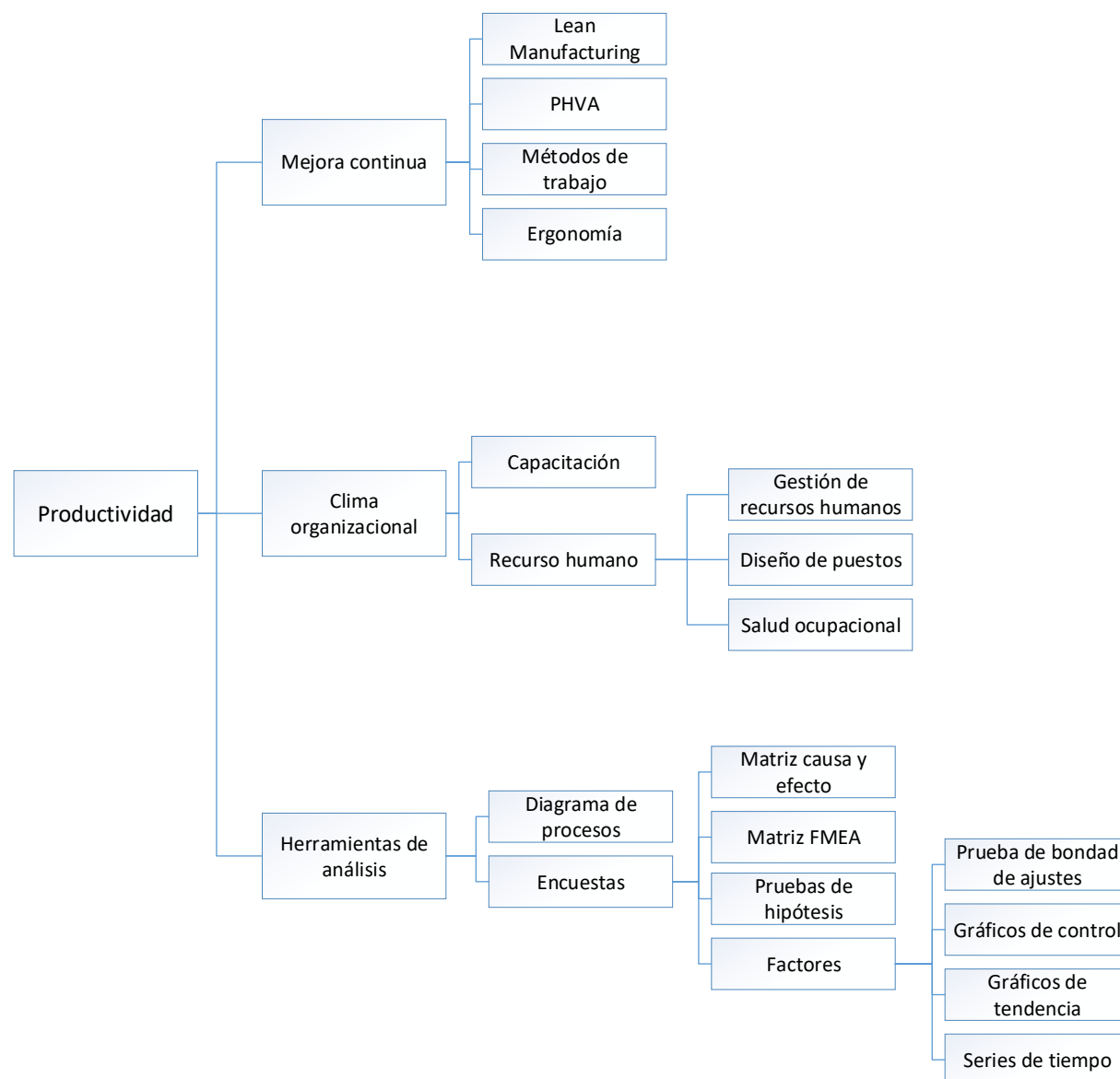
Desarrollada la mejora en el proceso se generarán indicadores que permitan controlar la productividad en la línea.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

El marco teórico es una descripción detallada de cada uno de los elementos esenciales de la teoría empleada para el desarrollo del proyecto. De tal manera que la formulación del problema y su solución sean una deducción lógica de ella.

A continuación, en la Figura 3. Mapa conceptual del marco teórico se muestran los temas a abarcar junto con su debida forma de emplearlos.

Figura 3. Mapa conceptual del marco teórico



Nota: Monserrat Vargas

Árbol de fallas

El árbol de fallas es una metodología deductiva que sirve para determinar las causas potenciales de las fallas de un sistema, la forma en que estas están entrelazadas y la probabilidad de ocurrencia de las mismas.

El análisis realizado mediante esta metodología se centra en la determinación de un evento no deseado, que se coloca en el primer nivel del árbol y luego se desarrolla de arriba para abajo, anotando todos aquellos eventos que sean causantes.

Este árbol de falla brinda un mejor entendimiento de las causas potenciales de falla y por lo tanto, una forma de pensar en nuevas alternativas de diseño que eliminen la incidencia de esas fallas.

Capacitación

Según un estudio desarrollado por Universidad del Caribe, (2016) la capacitación es un proceso de formación que ha de aplicarse de manera organizada y sistemática en el que los colaboradores adquieren o desarrollan conocimientos y habilidades específicas relativas al trabajo, modifica sus actitudes frente a aspectos de la organización, el puesto o el ambiente laboral. Como componente del proceso de desarrollo de los recursos humanos, está orientada a lograr la integración del colaborador a su puesto en la organización, el incremento y mantenimiento de su eficiencia, así como su progreso personal y laboral en la empresa. (pag, 3)

Objetivos del plan de capacitación.

De la misma forma, el autor anterior informa que impulsar la eficacia y efectividad organizacional sirve para contribuir a:

- Elevar el nivel de rendimiento de los colaboradores y, con ello, al incremento de la productividad y rendimiento de la empresa.
- Mejorar la interacción entre los colaboradores y, con ello, a elevar el interés por el aseguramiento de la calidad en el servicio.
- Satisfacer más fácilmente requerimientos futuros de la empresa en materia de personal, sobre la base de la planeación de recursos humanos.
- Generar conductas positivas y mejoras en el clima de trabajo, la productividad y la calidad y, con ello, a elevar la moral de trabajo.

- Mantener al colaborador al día con los avances tecnológicos, lo que alienta la iniciativa y la creatividad y ayuda a prevenir la obsolescencia de la fuerza de trabajo.

Cargas de trabajo

FeSP Servicios públicos, (2015) explica que la carga de trabajo es el conjunto de requerimientos psicofísicos que debe desarrollar el trabajador a lo largo de su jornada laboral. Entre los factores de riesgo se encuentran las exigencias psicofísicas que la tarea le impone a la persona que lo ejecuta, tales como esfuerzos, manipulación de cargas, posturas de trabajo, entre otros relacionados con cada tipo de actividad.

A continuación, se explican, según el autor anterior los tipos de carga que se pueden presentar:

Carga física. Se entiende como el conjunto de requerimientos físicos a los que se ve sometida la persona a lo largo de su jornada laboral, actividad física que requiere esfuerzos, posturas y movimientos repetitivos.

Carga mental. Hace referencia al número de procesos requeridos para realizar correctamente una tarea y sobre todo, en función del tiempo necesario para dar respuesta a una información recibida.

Ciclo PHVA

En el libro Calidad total y productividad, Gutiérrez Pulido, (2010) explica que el ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar) es de gran utilidad para estructurar y ejecutar proyectos de mejora de la calidad y la productividad en cualquier nivel jerárquico en una organización. En este ciclo, también conocido como el ciclo de Shewhart, Deming o el ciclo de la calidad, se desarrolla de manera objetiva y profunda un plan (planear), este se aplica en pequeña escala o sobre una base de ensayo (hacer), se evalúa si se obtuvieron los resultados esperados (verificar) y, de acuerdo con lo anterior, se actúa en consecuencia (actuar), ya sea generalizando el plan y tomando medidas preventivas para que la mejora no sea reversible, o reestructurando el plan debido a que los resultados no fueron satisfactorios, con lo que se vuelve a iniciar el ciclo. La filosofía de este ciclo lo hace de gran utilidad para perseguir la mejora mediante diferentes metodologías. (pags, 120-123)

Con base al libro Gutiérrez Pulido, Calidad total y productividad, (2010) se debe seguir una secuencia de pasos y sus respectivas posibles técnicas para cada una de las etapas del ciclo de PHVA citadas a continuación.

Planear

1. Definir, delimitar y analizar la magnitud del problema. Técnicas: Pareto, diagrama de control o histograma.
2. Buscar todas las posibles causas. Técnicas: Observar el problema, lluvia de ideas, diagrama Ishikawa.
3. Investigar cuál es la causa o el factor más importante. Técnicas: Pareto, estratificación, diagrama de dispersión.
4. Considerar las medidas remedio para las causas más importantes. Técnicas: Responder las preguntas, ¿Por qué? ¿Qué? ¿Dónde? ¿Cuánto? ¿Cómo?

Hacer

5. Poner en práctica las medidas remedio. Técnica: Implementar el plan generado en el paso anterior e involucrar a los afectados.

Verificar

6. Revisar los resultados obtenidos. Técnica: Histograma, Pareto, gráfico de control.

Actuar



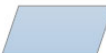
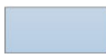

7. Prevenir la recurrencia del problema. Técnica: Estandarización, inspección, supervisión.
8. Conclusión. Técnica: Revisar y documentar el procedimiento seguido y planear el trabajo futuro.

Diagrama de procesos

Un diagrama de procesos según Gutiérrez Pullido & de la Vara Salazar, Control estadístico de calidad y seis sigma, (2009) es una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso, que incluye transportes, inspecciones, esperas, almacenamientos y actividades de retrabado o reproceso. Por medio de este diagrama es posible ver en qué consiste el proceso y cómo se relacionan las diferentes actividades; asimismo, es de utilidad para analizar y mejorar el proceso. (pág,165)

A continuación, en la Figura 4. Símbolos del diagrama de procesos se muestran los símbolos a utilizar en el diseño del diagrama de procesos.

Figura 4. Símbolos del diagrama de procesos

Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso

Nota: Google

Encuestas

Una encuesta es una serie de preguntas realizadas a una población o muestra definida anteriormente para recopilar información o detectar la opinión pública de un problema determinado. La encuesta utiliza cuestionarios, recoge información objetiva o sobre hechos, recurre a informantes y utiliza censos o muestras intencionadas. (Alvira Martín, 2011) (pag, 15-17)

Ergonomía

Work-Related Musculoskeletal Disorders, (2002) citado por Ray Asfahl & W. Rieske, (2010) dice que la ergonomía es una ciencia multidisciplinaria que estudia las capacidades y limitaciones físicas y psicológicas humanas. Este cuerpo del conocimiento se puede utilizar para diseñar o modificar el lugar de trabajo, equipo, productos o procedimientos de trabajo con el fin de mejorar el desempeño humano y reducir la probabilidad de lesiones y enfermedades.

A partir de la definición se puede interpretar que el campo de la ergonomía abarca una amplia gama de actividades que involucran la actividad humana. Aun cuando reducir la probabilidad de lesiones o enfermedades constituye un objetivo tan beneficioso, sólo se trata de uno de los objetivos de este campo. Mejorar el desempeño humano es otro objetivo clave y en términos históricos puede ser incluso más importante para el campo de la ergonomía. (pag, 137)

Factores

En la estadística existen tres tipos de factores diferentes, los cuales se mencionan a continuación según Gutiérrez Pulido (2012).

Factores controlables.

Gutiérrez Pullido (2012) menciona que los factores controlables son variables de proceso o características de los materiales experimentales que se pueden fijar en un nivel dado. Algunos de estos son los que usualmente se controlan durante la operación normal del proceso, y se distinguen porque, para cada uno de ellos, existe la manera o el mecanismo para cambiar o manipular su nivel de operación. Esto último es lo que hace posible que se pueda experimentar con ellos. Por ejemplo, si en el proceso se usa agua a 60°C entonces debe existir un mecanismo que permita fijar la temperatura del agua dentro de un rango de operación. Algunos factores o características que generalmente se controlan son: temperatura, tiempo de residencia, cantidad de cierto reactivo, tipo de reactivo, método de operación, velocidad, presión, etc. A los factores controlables también se les llama variables de entrada, condiciones de proceso, variables de diseño, parámetros del proceso, las x de un proceso o simplemente factores.

Factores no controlables o de ruido.

El mismo autor menciona que los factores no controlables o de ruido son variables o características de materiales y métodos que no se pueden controlar durante el experimento o la operación normal del proceso. Por ejemplo, algunos factores que suelen ser no controlables son las variables ambientales (luz, humedad, temperatura, partículas, ruido, etc.), el ánimo de los operadores, la calidad del material que se recibe del proveedor (interno o externo).

Un factor que ahora es no controlable puede convertirse en controlable cuando se cuenta con el mecanismo o la tecnología para ello.

Factores estudiados.

De la misma forma Gutiérrez Pullido explica que los factores estudiados son las variables que se investigan en el experimento, respecto de cómo influyen o afectan a la(s) variable(s) de respuesta. Los factores estudiados pueden ser controlables o no controlables, a estos últimos quizá fue posible y de interés controlarlos durante el experimento. Para que un factor pueda ser estudiado es necesario que durante el experimento se haya probado en, al menos, dos niveles o condiciones.

En principio, cualquier factor, sea controlable o no, puede tener alguna influencia en la variable de respuesta que se refleja en su media o en su variabilidad. Para fines de un diseño de experimentos deben seleccionarse los factores que se considera, por conocimiento del objeto de estudio, que pueden tener efecto sobre la respuesta de interés. Obviamente, si se decide o interesa estudiar el efecto de un factor no controlable, parte de la problemática a superar durante el diseño es ver la manera en que se controlará durante el experimento tal factor. (pág,8)

Gestión de recursos humanos

En la actualidad, según Cuesta Santos, (2010) los tres elementos que distinguen con claridad a una gestión estratégica de los recursos humanos son: la consideración de los recursos humanos como el recurso decisivo en la competitividad de las organizaciones, el enfoque sistémico o integrador en la gestión de los recursos humanos y la necesidad de que exista coherencia o ajuste entre la gestión de los recursos humanos y la estrategia organizacional.

Por gestión estratégica de recursos humanos se entenderá el conjunto de decisiones y acciones directivas en el ámbito organizacional que influyan en las personas, buscando el mejoramiento continuo, durante la planeación, implantación y control de las estrategias organizacionales, considerando las interacciones con el entorno. Los enfoques sistémico, multidisciplinario, participativo, proactivo, de proceso y por competencias laborales, son esenciales en la gestión de los recursos humanos estratégica que se requiere hoy, y más aún en el porvenir empresarial. Por ello es necesario adoptar un sistema de gestión de los recursos humanos, reflejado por un modelo, consecuente con esos enfoques, asumiendo una previamente determinada dirección estratégica rectora en ese sistema, coherente con la cultura o filosofía empresarial y las políticas de gestión de los recursos humanos a definir, considerando las interacciones con todas las otras áreas funcionales del interior organizacional y con el entorno. Cuesta Santos, (2010) (pág, 3)

Gráficos de control

Gutiérrez Pulido, Calidad total y productividad, (2010) explica que el objetivo básico de un gráfico de control es observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo. Esto permitirá distinguir las variaciones por causas comunes de las debidas a causas especiales (atribuibles), lo que ayudará a caracterizar el funcionamiento del proceso y así decidir las mejores acciones de control y de mejora.

El mismo autor menciona que la línea central de una carta de control representa el promedio del estadístico que se está graficando, cuando el proceso se encuentra en control estadístico. Las otras dos líneas se llaman límites de control, superior e inferior, y están en una posición tal que, cuando el proceso está en control estadístico, hay una alta probabilidad de que prácticamente todos los valores del estadístico (puntos) caigan dentro de los límites.

De esta manera el mismo autor comenta que, si todos los puntos están dentro de los límites, entonces se supone que el proceso está en control estadístico. Por el contrario, si al menos un punto está fuera de los límites de control, entonces esto es una señal de que pasó algo especial y es necesario investigar su causa. En general, los límites de control son estimaciones de la amplitud de la variación del estadístico (promedio, rangos, etc.) que se grafica.

Por lo que según Gutiérrez Pulido lo que se observa en un gráfico de control no sólo es que un punto caiga fuera de los límites de control, sino también cualquier formación o patrón de puntos que tenga muy poca probabilidad de ocurrir en condiciones “normales”, lo cual será una señal de alerta de posibles cambios debidos a causas especiales.

Tipos de gráficos de control

Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, Control estadístico de calidad y seis sigma, (2009) menciona que existen dos tipos generales de gráficos de control: para variables y para atributos. Las cartas de control para variables se aplican a características de calidad de tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición (pesos, volúmenes, voltajes, longitudes, resistencias, temperaturas, humedad, etcétera). Las gráficas de control para variables más usuales son.

- \bar{X} (de medias)
- R (de rangos)
- S (de variaciones estándar)
- X (de medidas individuales)

Estas formas distintas de llamarle a un gráfico de control se deben al correspondiente estadístico que se representa en el gráfico, y por medio de la cual se busca analizar una característica importante de un producto o un proceso. Existen características de calidad de un producto que no son evaluadas con un instrumento de medición en una escala continua o al menos en una escala

numérica. En estos casos, el producto se juzga como conforme o no conforme, dependiendo de si posee ciertos atributos; o también al producto se le podrá contar el número de defectos o no conformidades que tiene. Este tipo de características de calidad son monitoreadas a través de las cartas de control para atributos. (pags, 215-221)

- p (proporción o fracción de artículos defectuosos)
- np (número de unidades defectuosas)
- c (número de defectos)
- u (número promedio de defectos por unidad)

Lean Manufacturing

En el libro **Lean Manufacturing**. La evidencia de una necesidad, de Rajadell Carreras & Sánchez García, (2010) explica su definición tal como que en castellano se traduce a “producción ajustada” y esta es la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio, entendiendo como desperdicio o despilfarro de todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. La producción ajustada (también llamada Toyota Production System), puede considerarse como un conjunto de herramientas que se desarrollaron en Japón inspiradas en parte, en los principios de William Edwards Deming.

El mismo autor menciona que debido a las grandes transformaciones de la economía, los clientes son cada vez más exigentes, informados y conscientes del papel importante que juegan, porque son quienes valoran el producto. Los cambios de hábitos, estilos de vida y preferencias han transformado el panorama cultural, social y económico del mundo, obligando a las empresas a ser más flexibles, adecuar los productos y servicios a la nueva realidad, con nuevas formas de distribución y todo ello apoyados en los tres aspectos fundamentales de la competitividad: calidad, rapidez de respuesta y coste.

Continuando con el autor anterior el principio fundamental de **lean manufacturing** es que el producto o servicio y sus atributos deben ajustarse a lo que el cliente quiere, y para satisfacer estas condiciones anteriores propugna la eliminación de los despilfarros. En general, las tareas que contribuyen a incrementar el valor del producto no superan el 1% del total del proceso productivo,

o lo que es lo mismo, el 99% de las operaciones restantes no aportan valor y entonces constituyen un despilfarro.

El autor también menciona que tradicionalmente, los procesos de mejora se han centrado en el 1% del proceso que aporta valor al producto. Resulta evidente que, si se acepta el elevado porcentaje de desperdicio en el que se incurre en un proceso productivo, se deduce que existe una enorme oportunidad de mejora.

Continuando con el autor anterior las empresas manufactureras pueden incrementar su competitividad, mediante la innovación y/o la mejora continua. La innovación tecnológica proporciona grandes mejoras espaciadas en el tiempo, pero sin continuidad, mientras que las técnicas de lean manufacturing proporcionan pequeñas y frecuentes mejoras porque agrupan técnicas que lo hacen posible. Por ello, las empresas innovadoras y, además seguidoras de esta filosofía, lograrán un ritmo de mejora y de incremento de la competitividad, óptimo y sostenido en el tiempo.

Matriz causa y efecto

Según Gutiérrez Pullido & de la Vara Salazar, en el libro Control estadístico de calidad y seis sigma, (2009) el diagrama de causa-efecto o de Ishikawa es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas. El uso del diagrama de Ishikawa ayuda a no dar por obvias las causas, sino que se trate de ver el problema desde diferentes perspectivas.

Método de las 6M

El método de las 6 M según Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, Control estadístico de calidad y seis sigma, (2009) es el más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6 M): métodos de trabajo, mano o mente de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Estos seis elementos definen de manera global todo proceso y cada uno aporta parte de la variabilidad del producto final, por lo que es natural esperar que las causas de un problema estén relacionadas con alguna de las 6 M. La pregunta básica para este tipo de construcción es: ¿qué aspecto de esta M se refleja en el problema bajo análisis?

A continuación, se presenta una lista de posibles aspectos para cada una de las 6M que pueden ser causas potenciales de problemas en manufactura. (pág,152-156)

- Mano de obra: Conocimiento del puesto de trabajo, entrenamiento en las operaciones y motivación.
- Método: Estandarización y excepciones
- Máquinas: Capacidad, condiciones de operación y herramientas.
- Material: Variabilidad, cambios y proveedores.
- Medición: Disponibilidad de mediciones históricas, tamaño de la muestra, repetitividad y reproducibilidad.
- Medio ambiente: Ciclos y temperatura.

Matriz FMEA

La matriz FMEA o AMEF la explica Gutiérrez Pullido & de la Vara Salazar, Control estadístico de calidad y seis sigma, (2009) permite identificar las fallas potenciales de un producto o un proceso y, a partir de un análisis de su frecuencia, formas de detección y el efecto que provocan; estas fallas se jerarquizan, y para las que vulneran más la confiabilidad del producto o el proceso será necesario generar acciones para atenderlas.

Aplicar FMEA según el mismo autor a procesos y productos se ha vuelto una actividad casi obligada en muchas empresas. Si un producto o un proceso se ve como un edificio, al aplicar un AMEF es como revisar sus cimientos y estructura para asegurar que ambas sean confiables y disminuir la probabilidad de que fallen.

De igual forma el autor anterior menciona que AMEF originalmente se orientó a detectar fallas durante el diseño o rediseño del producto, así como fallas en el proceso de producción (FMEA, 1995). Ejemplos de fallas en diseño son: no se dispara el flash en una cámara fotográfica, fugas en el sistema de frenos, fracturas prematuras en las piezas de un carro, etc.

Algunos ejemplos según el mismo autor de fallas en procesos son: fallas en el proceso de pulido de un carro, fallas en el proceso de templado, etc. Como se aprecia en estos ejemplos, una falla en diseño (producto) o en el proceso repercute finalmente en el cliente, ya sea interno o externo.

Actividades para realizar un FMEA

Según Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, Control estadístico de calidad y seis sigma, (2009) las actividades para realizar un FMEA son las siguientes:

1. Formar el equipo que realizará el AMEF y delimitar al producto o proceso que se le aplicará.
2. Identificar y examinar todas las formas posibles en que puedan ocurrir fallas de un producto proceso (identificar los modos potenciales de falla).
3. Para cada falla, identificar su efecto y estimar la severidad del mismo.

Para cada falla potencial.

4. Encontrar las causas potenciales de la falla y estimar la frecuencia de ocurrencia de falla debido a cada causa.
5. Hacer una lista de los controles o mecanismos que existen para detectar la ocurrencia de la falla, antes de que el producto salga hacia procesos posteriores o antes de que salga del área de manufactura o ensamble. Además, estimar la probabilidad de que los controles hagan la detección de la falla.
1. Calcular el número prioritario de riesgo (NPR), que resulta de multiplicar la severidad por la ocurrencia por la detección.
6. Establecer prioridades de acuerdo con el NPR, y para los NPR más altos decidir acciones para disminuir severidad y/u ocurrencia, o en el peor de los casos mejorar la detección.
7. Revisar y establecer los resultados obtenidos, lo cual incluye precisar las acciones tomadas y volver a calcular el NPR.

Mejora continua

La mejora continua es un conjunto de acciones dirigidas a obtener la mayor calidad posible de los productos, servicios y proceso de una empresa. Sinnaps, (2015)

Beneficios de la mejora continua.

El mismo autor menciona los siguientes beneficios de la mejora continua:

- Incrementa el rendimiento del equipo de trabajo
- La empresa se vuelve más productiva
- Reduce costos

- Optimiza procesos
- Aumentan la eficiencia
- Aumenta la motivación en el equipo de trabajo

Metodologías para aplicar en procesos de mejora continua.

Continuando con el autor anterior las metodologías para aplicar en el proceso de mejora continua son:

- Lean Manufacturing
- Seix sigma
- Ki Wo Tsukaau

Ocho disciplinas (8D)

Según Lean Solutions, (2019) Las Ocho disciplinas para la resolución de problemas es un método usado para hacer frente y resolver problemas. También se conoce de forma más abreviada como 8D, Resolución de problemas 8-D, G8D o Global 8D. El gobierno de los EEUU primero utilizó un proceso parecido al 8D durante la Segunda Guerra Mundial, refiriéndose como el estándar militar # 1520 (sistema de acción correctiva y disposición del material no conforme). Ford Motor Company primero documentó el método 8D en 1987 en una resolución de problemas orientada “equipo titulado manual” del curso. Este curso fue escrito a petición de la alta gerencia de la organización de autogestión Power Train, que estaba frustrada por tener problemas recurrentes año tras año.

Como menciona el mismo autor un problema es la diferencia existente entre una situación deseada (estándar) y una situación actual (Real). Un problema suele ser un asunto del que se espera una rápida y efectiva solución, generalmente lo que vemos de los problemas son los síntomas, la metodológica permite encontrar la causa raíz para darle el debido tratamiento.

Las ocho disciplinas se desarrollan a continuación con base en lo que el autor anterior menciona en su publicación.

Disciplina uno. Establecer un grupo para la solución del problema

Para empezar el proceso de solución de problemas siguiendo los pasos del 8D se debe establecer un equipo de investigación multidisciplinario, en donde todos los integrantes tengan la experiencia

para entender el problema y autoridad para implementar soluciones, tengan la disposición y el tiempo para pertenecer al grupo y tengan diferentes competencias que permitan ver los diferentes aspectos que pueda tener el problema.

El equipo debe tener un líder quien debe manejar la información de la investigación, debe mantener informado al grupo y a las personas involucradas con el problema (partes interesadas), y es quién debe hacerse responsable por que se cumplan los objetivos establecidos por el grupo 8D.

Disciplina dos. Descripción del problema

En este paso se debe crear una descripción del problema que contenga información clara, concisa, que contemple varios aspectos del problema. Esta información debe ser obtenida preguntando a las personas que están directamente involucradas, es decir quienes trabajan en el área o proceso objeto del problema. La descripción del problema se debe basar en hechos reales, es decir que el grupo 8D debe ir al lugar real y ver que está sucediendo.

Disciplina tres. Desarrollar una solución temporal

En algunos casos es necesario implementar una solución temporal para controlar los efectos que pueda tener un problema, esto para dar tiempo a encontrar la causa raíz del problema y dar una solución definitiva al mismo.

Es importante que la solución temporal sea evaluada y probada antes de su implementación, y que se documente muy bien para poder ser removida en su totalidad cuando sea implementada la solución final a la causa raíz del problema. Esta solución temporal se debe poner en consideración de las personas involucradas en el proceso y que puedan verse afectadas por los efectos que pueda tener.

No debe olvidarse que esta solución es para remediar temporalmente los efectos que cause el problema en cuestión, mas no es la solución final, por lo que el grupo 8D debe continuar trabajando en las siguientes disciplinas hasta cerrar el caso.

Disciplina cuatro. Análisis de la causa raíz

En esta disciplina se deben identificar la causa o causas de los síntomas que se están presentando. Cabe anotar que el problema que se define en la D2 (Crear la descripción del problema) en principio es la consecuencia o síntoma de una o varias cosas que lo han ocasionado.

En la mayoría de los casos no es tan evidente la causa raíz por lo cual se debe hacer un análisis que conduzca a encontrarla. Para esto es necesario primero observar detenidamente el proceso que contiene el problema, obtener información directamente de las personas que tienen la experiencia y de datos reales obtenidos.

Después de tener una o varias causas se debe utilizar la metodología de los 5 porqué hasta obtener las causas iniciales. La causa raíz se identifica comprobando que al eliminarla el problema no debe tener recurrencia.

Disciplina cinco. Desarrollar soluciones permanentes

Una vez encontrada la causa raíz del problema en cuestión se deben plantear soluciones permanentes que la ataquen directamente. Estas soluciones deben probarse hasta verificar que efectivamente la causa raíz ha sido detectada y eliminada.

Es probable que al implementar la o las soluciones permanentes se vean buenos resultados, pero si el problema persiste se deben buscar más soluciones hasta que este sea eliminado en gran medida.

Disciplina seis. Implementar y validar soluciones

Después de haber desarrollado y probado la o las soluciones permanentes se debe planear y realizar la implementación, y posteriormente verificar que funcione correctamente, es decir que no se presente recurrencia.

Se recomienda tomar mediciones para saber si las acciones realizadas son efectivas y saber en qué momento reaccionar cuando se den medidas descontroladas.

Disciplina siete. Prevenir la recurrencia

La información obtenida de un 8D es tal vez lo más importante de todo este proceso. Porque permitirá que los logros obtenidos en la solución de un problema en un área de trabajo se puedan trasladar a otra área en donde se presenten problemas similares, y sea una manera eficiente de que el trabajo de un grupo sea de ayuda para que otros grupos puedan llegar más rápida y efectivamente a soluciones permanentes a situaciones no deseables que se estén presentando. De igual manera tomar acciones preventivas a situaciones que se puedan presentar en los diferentes lugares de trabajo.

para prevenir la recurrencia puedes hacer FMEA, Cambio de políticas, procedimientos, estándares, Poka Yoke.

1. Revisando el historial de problema
2. Identificar las políticas y prácticas que permitieron que este problema ocurriera
3. Desarrolle un plan de acciones de prevención

Es importante en este punto del 8D realizar auditorías para asegurarse de que la solución implementada está funcionando de acuerdo a lo esperado.

Disciplina ocho. Cerrar el problema y reconocer contribuciones

Una vez un problema ha sido auditado y se ha determinado que su solución es efectiva debe ser cerrado oficialmente. En este punto se debe remover la solución temporal que se dio en el paso D3, a menos de que se considere parte de la solución permanente.

Para finalizar el proceso el grupo debe preguntarse que estuvo bien y que no, revisar las responsabilidades de los miembros y el líder del grupo, las expectativas de los **stakeholders**, si los procedimientos pueden ser aplicados en algún otro lugar, si se encontraron problemas adicionales, qué se aprendió y si finalmente se resolvió el problema.

Es importante reconocer la contribución de cada uno de los miembros del equipo, ya que toda la organización se beneficia por las actividades que contribuyen al mejoramiento continuo.

Productividad

Según Gutiérrez Pullido & de la Vara Salazar, Control estadístico de calidad y seis sigma, (2009) la productividad se entiende como la relación entre lo producido y los medios empleados; por lo tanto, se mide mediante el cociente: resultados logrados entre recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, piezas vendidas, clientes atendidos o en utilidades. Mientras que los recursos empleados se cuantifican por medio del número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc. De manera que mejorar la productividad es optimizar el uso de los recursos y maximizar los resultados. De aquí que la productividad suela dividirse en dos componentes: eficiencia y eficacia. La primera es la relación entre los resultados logrados y los recursos empleados, se mejora principalmente optimizando el uso de los recursos, lo cual implica reducir tiempos desperdiciados, paros de equipo, falta de material, retrasos, etc. Mientras que la eficacia es el grado con el cual las actividades previstas son realizadas y los

resultados planeados son logrados. Por lo tanto, ser eficaz es cumplir con objetivos y se atiende mejorando los resultados de equipos, materiales y en general del proceso. (pag, 7)

Siendo la fórmula para calcular la productividad la siguiente mostrada en la Figura 5. Fórmula para calcular la productividad.

Figura 5. Fórmula para calcular la productividad

$$\frac{\textit{Producción}}{\textit{Insumo}}$$

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Salud ocupacional

La Organización Mundial de la Salud, (2019) define la salud ocupacional como el conjunto de actividades que integran una amplia diversidad de disciplinas que tienen como finalidad inmediata el mantenimiento, promoción y protección de la integridad física, mental y social de los trabajadores, independientemente de la profesión que ejerzan.

Series de tiempo

En el libro Estadística aplicada a los negocios y la economía de A. Lind, A. Wathen, & G. Marchal, (2012) dice que una serie de tiempo es un grupo de datos registrados durante un periodo semanal, trimestral o anual.

Un análisis de la historia, que es una serie de tiempo, es útil para que la administración tome decisiones hoy y planee con base en una predicción o proyección, de largo plazo. En general, se supone que los patrones pasados continuarán en el futuro. Uno de los gráficos utilizados en este apartado es el gráfico de tendencia, según el componente de la serie de tiempo que se está trabajando.

Componentes de una serie de tiempo.

- Tendencia secular
- Variación cíclica
- Variación estacional
- Variación irregular

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

Por medio del siguiente marco metodológico que se utilizará en la presente investigación para aumentar la productividad de la línea de Dynamic en la empresa Medic S.A. se hará uso de herramientas de investigación mediante la aplicación de métodos estadísticos para extender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento y así proponer soluciones para lograr el cumplimiento de los objetivos, se realizará una recolección de datos que ayuden a proceder a la búsqueda de información para realizar dicho proyecto.

Para interpretar mejor este concepto se desarrollan en este capítulo aquellos aspectos más relevantes en cuanto al procedimiento metodológico para el tratamiento de un objeto de investigación científica.

Enfoque

Cualitativo.

Según Hernández Sampieri, Méndez Valencia, Mendoza Torres, & Cuevas Romo, (2017) el enfoque cualitativo o método inductivo es el método en el cual los investigadores parten de los hechos particulares o concretos para llegar a conclusiones generales. Este método se utiliza principalmente en las ciencias fácticas (naturales o sociales) y se fundamenta en la experiencia. Aunque sea un método muy usado en la ciencia no quiere decir que lleve a conclusiones infalibles, pues en la mayoría de las investigaciones es imposible que todos los casos particulares puedan ser estudiados, lo cual quiere decir que queda la posibilidad de casos en los cuales no se aplica esa conclusión. (pag 21-22)

Cuantitativo.

Así mismo Hernández Sampieri, Méndez Valencia, Mendoza Torres, & Cuevas Romo, (2017) habla sobre el enfoque cuantitativo o método deductivo donde dice que es en el cual los investigadores parten de proposiciones generales o más universales para llegar a una afirmación particular. Este método se utiliza principalmente en las ciencias formales como las matemáticas y la lógica y se fundamenta en el razonamiento. (pag 21)

Mixto.

Posteriormente Hernández Sampieri, Méndez Valencia, Mendoza Torres, & Cuevas Romo, (2017) explica el enfoque mixto o método iterativo donde expone que el avance de la ciencia se ha debido, en parte, a la complementariedad de los métodos deductivo e inductivo, pues las conclusiones generales que se derivan utilizando el primer método pueden ser puestas a prueba utilizando el segundo. Por eso los métodos mixtos se han consolidado en la comunidad científica. También se les llama investigación integrativa, multimétodos, métodos múltiples, estudios de triangulación e investigación mixta; y representan procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación que implican la recolección y el análisis integrado de datos cuantitativos y cualitativos, para realizar inferencias y entender mejor el fenómeno que se estudia. (pág 22)

En el presente proyecto se va a utilizar el enfoque cuantitativo, ya que se va a analizar el impacto que tiene en la productividad las ausencias, restricciones, renunciaciones o despidos generados en la línea de producción.

Alcance**Exploratorio.**

Hernández Sampieri, Méndez Valencia, Mendoza Torres, & Cuevas Romo, (2017) expone en su libro que los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o que no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan solo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si queremos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas.

Los estudios exploratorios sirven para familiarizarnos con problemas que no se conocen o de los cuales se sabe poco, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto a un contexto particular, indagar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras o proponer afirmaciones y postulados. (págs. 75-76)

Descriptivo.

Explica Hernández Sampieri, Méndez Valencia, Mendoza Torres, & Cuevas Romo, 2017, (págs. 76-77) que con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, características y

perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, miden o recolectan datos sobre diversos conceptos (variables), aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno que se investiga. En un estudio descriptivo el investigador selecciona una serie de cuestiones (que denominamos variables) y después recaba información sobre cada una para representar lo que se investiga (describirlo).

Los estudios descriptivos son útiles para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación. En estos estudios, el investigador debe ser capaz de definir, o al menos visualizar, qué medirá (conceptos, variables, componentes, entre otros) y sobre qué o quiénes recolectará los datos (personas, grupos, comunidades, objetos, animales, hechos, empresas).

Correlacional.

Menciona Hernández Sampieri, Méndez Valencia, Mendoza Torres, & Cuevas Romo, (2017) que se emplean estudios correlacionales para conocer la relación o grado de asociación entre dos o más conceptos, categorías o variables en determinado contexto.

Así, los estudios correlacionales pretenden responder a preguntas de investigación como las siguientes: ¿se vincula el clima organizacional con la disposición hacia el aprendizaje en las empresas de determinada región?, ¿la constante exposición al riesgo está asociada a su percepción en los trabajadores de la industria minera peruana?, ¿el sobrepeso de adultos mayores está relacionado con una mayor probabilidad de padecer enfermedades cardíacas?.

En ocasiones solo se analiza la relación entre dos conceptos o variables, pero con frecuencia se ubica en el estudio vinculaciones entre tres, cuatro o más variables. Los estudios correlacionales, al evaluar el grado de asociación entre las variables, miden cada una (presuntamente relacionadas) y después cuantifican y analizan la vinculación.

La utilidad principal de los estudios correlacionales es saber cómo se puede comportar un concepto o una variable al conocer el comportamiento de otras variables vinculadas. Las correlaciones pueden ser positivas (directamente proporcionales) o negativas (inversamente proporcionales). Si es positiva, significa que los casos que muestren altos valores en una variable tendrán también a manifestar valores elevados en la otra variable. Si es negativa, casos con valores elevados en una variable tendrán a mostrar valores bajos en la otra. (págs. 77-78)

Explicativo.

Los estudios explicativos según Hernández Sampieri, Méndez Valencia, Mendoza Torres, & Cuevas Romo, (2017) son más que la descripción de conceptos o fenómenos o el establecimiento de relaciones entre variables; más bien, están diseñados para determinar las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables. (pág. 78)

En este proyecto el alcance a utilizar es el alcance correlacional para saber si las condiciones ergonómicas y operacionales de la línea se relacionan con las incapacidades generadas, y también la relación entre la edad de los operarios en relación con renuncias y oportunidades de estudio.

También se va a utilizar el alcance explicativo en el que se va a tratar la relación mencionada anteriormente con el alcance correlacional y la tendencia de ausentismo frecuente en la línea de producción.

Diseño / Método**Diseño de investigación cuantitativa.**

Hernández Sampieri, Méndez Valencia, Mendoza Torres, & Cuevas Romo, (2017) menciona en el libro que con una perspectiva cuantitativa, la calidad de una investigación se relaciona con el grado en que se aplique el diseño tal como fue concebido. Desde luego, en cualquier tipo de investigación, el diseño se debe ajustar ante posibles contingencias o cambios de la situación.

En la literatura sobre la investigación cuantitativa es posible encontrar diferentes tipologías de los diseños. En el libro de Sampieri se menciona la investigación experimental y la investigación no experimental. A su vez, la primera puede dividirse en preexperimentos, experimentos puros y cuasiexperimentos. Por otro lado, la investigación no experimental se subdivide en diseños transversales y diseños longitudinales. (págs. 98-113)

En este proyecto se va a utilizar el diseño cuantitativo por las pruebas estadísticas como por ejemplo las que se van a utilizar para determinar el nivel de impacto del ausentismo en la línea mediante el estudio de las causas son las que están afectando que los operarios no asistan al turno de trabajo.

Muestra de la Investigación

El presente proyecto se va a enfocar en el total de la población de la línea de Dynamic en la empresa Medic S.A. Esta población hace referencia a los 53 operarios que están laborando actualmente en la línea de producción. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra con exactitud la cantidad y como se dividen según su puesto.

La información de ausencias, incapacidades, restricciones ergonómicas, accidentes o recordables se recopila por medio del departamento de recursos humanos, el departamento de salud y seguridad ocupacional y del consultorio médico de la empresa.

Variables o Unidades de Análisis

En la

Tabla 1. Variables de análisis se muestra por cada objetivo específico generado cuál es su variable asociada, su concepto, la forma operacional en que se trabaja en la empresa Medic S.A y la parte instrumental.

Tabla 1. Variables de análisis

Objetivos específicos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Definir las causas que provocan la baja productividad	Productividad	Costumbre o práctica habitual de no acudir al lugar donde se ejerce una obligación. Oxford, (2019)	$\frac{\text{OTDM Mix In}}{\text{OTDM Mix Out}}$	La Diana Excel
Medir las posibles variables que se determinen como causas que provocan la baja productividad.	Ausentismo	Costumbre o práctica habitual de no acudir al lugar donde se ejerce una obligación. Oxford, (2019)	$\frac{\text{Personas ausentes}}{\text{Total de personas}}$	La Diana Excel
Analizar la relación entre la rotación y el ausentismo de personal y el efecto que tienen estos	Ausentismo	Costumbre o práctica habitual de no acudir al lugar donde se ejerce una obligación. Oxford, (2019)	$\frac{\text{OTDM Mix In}}{\text{OTDM Mix Out}}$	Registro de las causas de ausencias de los operarios

respectos al índice de productividad de la línea				
Proponer estrategias que permitan aumentar la productividad de la línea.	Productividad	La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. Oxford, (2019)	$\frac{\text{OTDM Mix In}}{\text{OTDM Mix Out}}$	Event charts Matrices
Establecer indicadores que permitan controlar la productividad.	Productividad	La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. Oxford, (2019)	Durante el proyecto se van a establecer los indicadores.	Event chart Matrices

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Instrumentos

En la Tabla 2. Instrumentos

Tabla 1. Variables de análisis se muestran los indicadores utilizados en la empresa Medic S.A.

Tabla 2. Instrumentos

Indicador	Instrumento	Recursos requeridos	Beneficios esperados
$\frac{\text{Personas ausentes}}{\text{Total de personas}}$	La diana Excel Core Metrics	Registro de asistencia por día de los operarios	Conocer la tendencia que conlleva el ausentismo en la línea
$\frac{\text{OTDM Mix In}}{\text{OTDM Mix Out}}$	La Diana Excel Core Metrics	Registros de la meta diaria de producción y las salidas de producto terminado	Mantener un control de la productividad de la línea

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Proceso para la Recolección de Datos

Para el presente proyecto el proceso de recolección de datos se va a desarrollar de la siguiente manera.

Las fuentes donde se obtendrán los datos será recursos humanos para el histórico de renunciaciones presentes en la línea y su respectivo motivo así como el porcentaje de ausentismo diario, el consultorio médico para conocer la cantidad de incapacidades presentes y cuál fue la causa de estas incapacidades, el departamento de salud ocupacional para conocer restricciones específicas de los operarios o condiciones que generen que el operario se ausente frecuentemente y finalmente los supervisores que puedan agregar información de valor en la recolección de los datos.

Las fuentes requeridas para la recolección de datos se encuentran en la empresa Medic S.A. donde se encuentra la línea de producción y se va a desarrollar el presente proyecto.

Los datos se van a recolectar a través de información histórica guardada en la matriz de la empresa y se van a segmentar en subgrupos que colaboren y simplifiquen el análisis de los mismos.

Método de Análisis

Inicialmente se va a recolectar información de la cantidad de operarios ausentes por día en cada uno de los turnos de trabajo. Con esta información se va a dividir la ausencia por incapacidad, permisos, tardías justificadas, tardías injustificadas, citas médicas, entre otros y así poder tener un panorama más amplio de la situación.

Una vez definido el tipo de ausencia más frecuente en la línea se procederá a investigar las causas, para saber; por ejemplo, si son incapacidad si son a nivel ergonómico, operacional, de salud, entre otros.

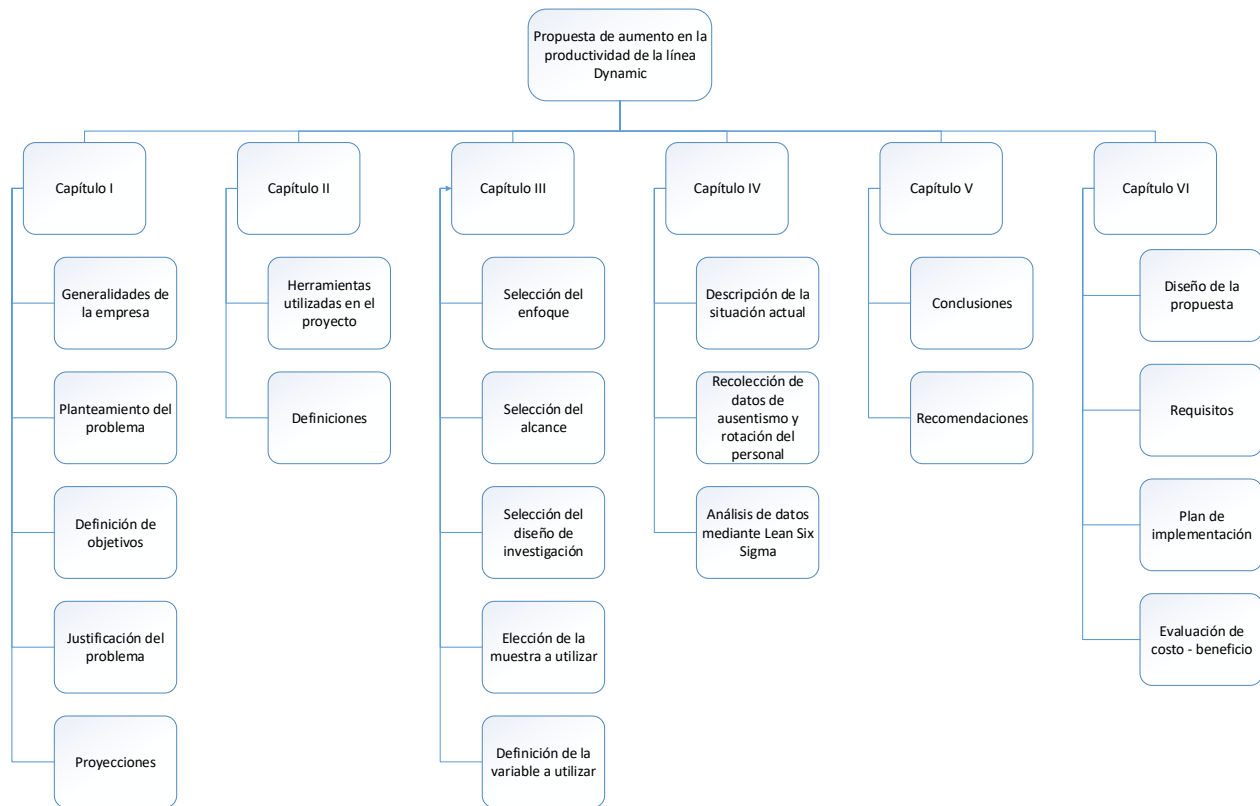
Los programas a utilizar serían MiniTab y Excel dónde se van a realizar pruebas estadísticas y gráficos sobre las tendencias que tiene la línea de producción respecto al ausentismo.

Cronograma

WBS.

En la Figura 6. Cronograma WBS del proyecto se muestra el cronograma WBS del proyecto, este refleja cada uno de los capítulos presentes y sus apartados de cómo se va a ir desarrollando cada uno de ellos.

Figura 6. Cronograma WBS del proyecto



Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Diagrama de Gantt.

En la Figura 7. Diagrama de Gantt se muestra por semanas la duración estimada para desarrollar este proyecto y cada uno de sus apartados durante el I cuatrimestre de 2019 en la Universidad Internacional de las Américas.

Figura 7. Diagrama de Gantt

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Capítulo I																										
Definición de objetivos																										
Generalidades de la																										
Planteamiento del problema																										
Justificación del problema																										
Proyecciones																										
Capítulo II																										
Formato																										
Herramientas																										
Definiciones																										
Capítulo III																										
Selección del enfoque																										
Selección del alcance																										
Elección de la muestra																										
Definición de la variable																										
Estructura final																										
Capítulo IV																										
Descripción de la situación																										
Recolección de datos																										
Análisis de los datos																										
Capítulo V																										
Conclusiones																										
Recomendaciones																										
Capítulo VI																										
Diseño de la propuesta																										
Requisitos																										
Plan de implementación																										
Evaluación costo-beneficio																										

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

CAPÍTULO IV DIAGNÓSTICO

Metodología DMAIC

La metodología DMAIC se divide en cinco etapas; definir, medir, analizar, mejorar y controlar mediante las cuales se pretende identificar la causa raíz que provoca una baja productividad, así como las ideas de mejora que ayuden a aumentar la misma en la línea de producción de catéteres de electrofisiología así.

Algunas de las causas que generan una baja productividad son las renunciadas y despidos, ausentismo de los operarios en la línea de producción, el **scrap** generado por día y el tiempo extra que genera altos costos.

A continuación, como parte del diagnóstico se procede a detallar las tres primeras fases de la metodología.

En la parte de definir inicialmente se va a medir en cuánto se quiere aumentar la productividad de la línea de producción de Dynamic. La producción se define por medio de las unidades planeadas que se deberían producir versus las unidades producidas realmente. Las unidades de menos que se producen en la línea baja la productividad y hace a la compañía invertir en horas extra, o incluso perder ventas o unidades en inventario a causa de diferentes factores que afectan la producción.

En la fase de medir, se toman en cuenta los factores que como se menciona anteriormente afectan a la cantidad planeada de piezas por producir. Entre estos factores se encuentra el **scrap**, las salidas (renunciadas o despidos) de la compañía, el entrenamiento de los operarios en las distintas estaciones de trabajo, el ausentismo de la línea y los eventos de seguridad que se han presentado.

Posteriormente se procede a la fase de analizar, en la cual se van a desglosar cada una de las causas que generan los factores detectados en la etapa de medir. Es decir, las causas del **scrap**, las causas del ausentismo, y así sucesivamente.

Es importante analizar estas causas para poder determinar la causa raíz del problema y así poder generar una propuesta de solución en la siguiente etapa que es la de implementar.

Definir

En la etapa de definir inicialmente se va a medir cuánto es el porcentaje en el que se quiere aumentar la productividad de la línea de producción de Dynamic. La productividad de la línea se define por medio del **output** (producción). Por lo que la baja productividad se calcula con base al **output** planeado en comparación con el real por semana de la línea.

Los datos del **output** se muestran en la Tabla 3. **Output** de la línea de Dynamic 2019 y pertenecen de la semana tres a la semana veinte del 2019.

Tabla 3. **Output** de la línea de Dynamic 2019

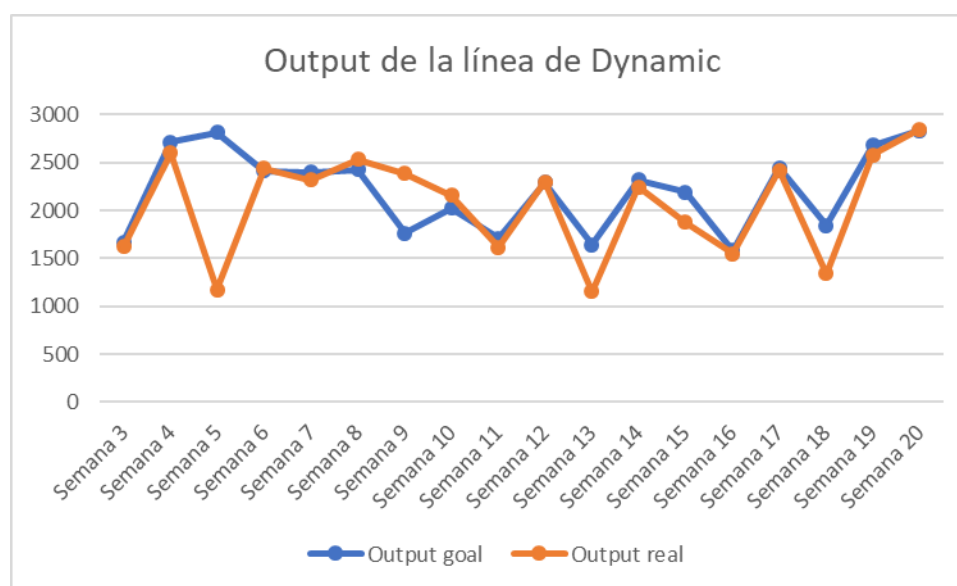
Semana	Output meta	Output real	% del output	Diferencia entre la meta y el real
Semana 3	1670	1621	97.07%	-2.93%
Semana 4	2710	2601	95.98%	-4.02%
Semana 5	2815	1176	41.78%	-58.22%
Semana 6	2415	2436	100.87%	0.87%
Semana 7	2400	2320	96.67%	-3.33%
Semana 8	2425	2531	104.37%	4.37%
Semana 9	1765	2383	135.01%	35.01%
Semana 10	2025	2158	106.57%	6.57%
Semana 11	1710	1614	94.39%	-5.61%
Semana 12	2290	2299	100.39%	0.39%
Semana 13	1640	1154	70.37%	-29.63%
Semana 14	2315	2243	96.89%	-3.11%
Semana 15	2190	1878	85.75%	-14.25%
Semana 16	1580	1547	97.91%	-2.09%
Semana 17	2445	2419	98.94%	-1.06%
Semana 18	1840	1340	72.83%	-27.17%
Semana 19	2680	2579	96.23%	-3.77%
Semana 20	2835	2847	100.42%	0.42%

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

A partir de esta tabla se genera la

Figura 8. Tendencia del **output** de la línea de Dynamic donde se visualiza gráficamente el comportamiento que ha tenido la línea en cuanto a la producción planeada vs la real durante las primeras 20 semanas del año.

Figura 8. Tendencia del **output** de la línea de Dynamic



Nota: Monserrat Vargas Carvajal

En la

Figura 8. Tendencia del **output** de la línea de Dynamic se aprecia de forma más visual cuales semanas son las que han tenido picos negativos en cuanto a producción. Por ejemplo, en semana 5 se produjeron 1639 piezas menos de lo planeado generando un pico negativo, en la semana 9 se recuperaron 618 piezas de más.

Sin embargo, se debe destacar que las semanas en las que se ha logrado producir más de la meta ha sido porque los operarios han producido en horas extra, incluso se han llevado a trabajar sábados y/o domingos para poder lograr la producción.

Con base en estos datos se separan las semanas en donde no se ha logrado producir las unidades planeadas y así definir en cuánto porcentaje se quiere mejorar la productividad. Estos datos se muestran en la

Tabla 4. Output planeado negativo se muestran estos datos.

Tabla 4. **Output** planeado negativo

Semana	Diferencia
Semana 3	-2.93%
Semana 4	-4.02%
Semana 5	-58.22%
Semana 7	-3.33%
Semana 11	-5.61%
Semana 13	-29.63%
Semana 14	-3.11%
Semana 15	-14.25%
Semana 16	-2.09%
Semana 17	-1.06%
Semana 18	-27.17%
Semana 19	-3.77%
Promedio	12.93%

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

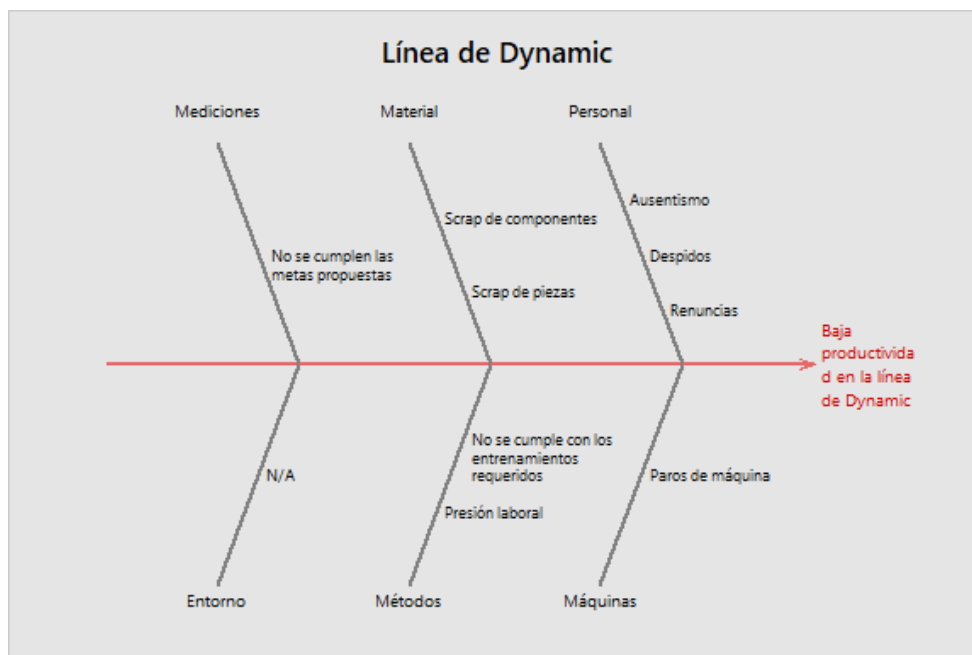
Con base a estos datos se calcula un promedio el cual da un 12.93%, este se redondea a 13% que va a ser el porcentaje en el que se quiere aumentar la productividad de la línea.

Como se menciona anteriormente el **output** de la línea es el que define en el proyecto la productividad, los factores contribuyentes serían el **scrap** de componentes, el **scrap** de piezas producidas, ausentismo, renunciadas o despidos, la utilización y la eficiencia de la línea.

En la

Figura 9. Diagrama Ishikawa de la baja productividad se muestra como se ve reflejada la baja productividad según las seis M planteadas en el diagrama Ishikawa.

Figura 9. Diagrama Ishikawa de la baja productividad



Nota: Monserrat Vargas Carvajal

En este diagrama se plantean las causas observadas en la línea de producción que son las que afectan la productividad de la línea; es decir, no llegar a la producción deseada.

En las mediciones se observa que no se llegan a las metas propuestas; iniciando por el **output** planeado, contando además mediciones como el **scrap**, **scrap** de componentes, salidas, ausentismo o entrenamiento.

Cada una de estas ramas del diagrama es explicada a continuación en el diagrama llamado Is / Is not (Es – No es) el cual es un método de enfoque mediante preguntas sucesivas ¿Qué es? Y ¿Qué no es? Este permite clarificar el problema, ponerlo en contexto real y crear el enunciado.

Es por esto que se agrega en esta investigación para que así se entienda mejor el problema y se demuestre que es una situación presente en la línea de Dynamic y no en las demás líneas del PU de Mapping and Steerables.

Con este análisis quedarían expuestas las diferencias y posibles teorías en cuanto a cómo estos podrían explicar el defecto o deficiencia. En la columna “Es” se realiza una observación de la línea en estudio; la cual sería la línea de Dynamic mientras que en la columna “No es” se realizaría la comparación con las otras líneas del PU o los departamentos no afectados, y en las pistas se menciona que es diferentes en las demás líneas que no generan este problema de baja productividad como en Dynamic.

En la

Tabla 5. Diagrama Es / No es se muestran estas diferencias, donde se resaltan las causas de la baja productividad de la línea de Dynamic.

Tabla 5. Diagrama Es / No es

<p style="text-align: center;">Es (Observación)</p>	<p style="text-align: center;">No es (Comparación)</p>	<p style="text-align: center;">Pistas (Qué es diferente)</p>
<p style="text-align: center;">¿Qué?</p> <p>En la línea de Dynamic se ausentan aproximadamente 9 personas por día</p> <p>Se producen menos unidades de lo planeado</p> <p>No está la cantidad de personas entrenadas por estación requerida</p>	<p style="text-align: center;">¿Qué?</p> <p>Las otras áreas del PU (unidad de producción) no presentan esta cantidad de ausencias por día.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Orbiters ST, Orbiters PV, Orion, Constelation, Cables y Pervivac aproximadamente 1 persona por día. • Viking aproximadamente 2 personas por día <p>Las demás líneas si cumplen la producción planeada</p> <p>La métrica principal de entrenamiento la cual es el Work Content Grap se mantiene en verde en las demás líneas.</p>	<p>Viking y Orbiters: Motivación, flexibilidad, beneficios, cultura, disciplina, compromiso y comunicación.</p> <p>Orion, Constelation, Cables y Pervivac N/A</p>
<p style="text-align: center;">¿Quién?</p> <p>Las áreas que se ven afectadas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entrenamiento porque se generan planes que no se pueden ejecutar por no tener las personas físicamente en la línea. • Salud y seguridad ocupacional ya que los operarios al no poder rotar constantemente por no estar entrenados se lastiman ergonómicamente con los movimientos repetitivos. • Producción se ve afectado el output de la línea, ya que no se cuenta con la cantidad 	<p style="text-align: center;">¿Quién?</p> <p>Calidad y manufactura no se ven directamente afectados ya que estas métricas dependen de la asistencia de las personas.</p> <p>Nota: A pesar de que los operarios no están presentes recargan a los que sí lo están generando que deban cumplir con una meta establecida a menor personal ocasionando en ocasiones scrap y problemas de calidad.</p>	<p>Métricas diarias</p>

de personas requeridas por estación según el work content graph.		
¿Dónde?	¿Dónde?	
Las estaciones afectadas son Run Wire (es el cuello de botella de la línea), flat wire, soldar distal inspection, Stiffening, final inspection, coil winding, eDHR y Dynamic shaft. El porcentaje de ausentismo diario en la línea se ve afectado de la siguiente manera en las estaciones 33% Run wire, 18% soldar distal, 14% flat wire and 10% dynamic shaft.	Las estaciones que no se han visto afectadas son: cut shaft, mark and grill, install distal into shaft, glue distal, handle XT, solder ball, boond extension tube, extension tube assy y crimped ball.	Rango de edad de los operarios Estaciones cuello de botella Crosstraining / Rotación Horas extras
¿Cuándo?	¿Cuándo?	Virus a nivel de planta Entrada a clases de los hijos Problemas ergonómicos Enfermedades
A partir del 07 de enero, 2019	El año anterior el ausentismo estaba por debajo de la meta a nivel de planta que es el 6%	
¿Cuánto?	¿Cuánto?	
Cada pieza de Dynamic cuesta producirla \$78, y el valor en el mercado es al rededor de \$200 Por lo que se perderían las ventas de las unidades no producidas y que estaban contempladas	N/A	N/A

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Medir

En la etapa de medir se van a tomar en cuenta los factores establecidos en la etapa de definir, y se va a mostrar la tendencia de estos valores en las primeras veinte semanas del año. Estos valores tienen una meta definida la cual establece si la métrica se encuentra en rojo (o sea, si no cumple con la misma) o en verde (si cumple con la misma o incluso es menor de lo esperado).

El primer factor medido es el de **scrap**. El **scrap** en la empresa Medic S.A. se mide de dos formas diferentes; el **scrap** de componentes, el cual es todo aquel elemento requerido para realizar la pieza en cada una de las estaciones de trabajo, y el **scrap** como tal es cuando se debe botar la pieza completa con todo el trabajo realizado en las estaciones anteriores.

El **scrap** tiene un costo de \$78 cada pieza. En la Tabla 6. Cantidad de **scrap** generado por semana se muestra la cantidad de piezas botadas y el valor respectivo por semana para las primeras veinte semanas del año.

Tabla 6. Cantidad de **scrap** generado por semana

Semana	Scrap	Valor
Semana 3	90	\$ 7,020.00
Semana 4	130	\$ 10,140.00
Semana 5	120	\$ 9,360.00
Semana 6	167	\$ 13,026.00
Semana 7	190	\$ 14,820.00
Semana 8	164	\$ 12,792.00
Semana 9	141	\$ 10,998.00
Semana 10	148	\$ 11,544.00
Semana 11	126	\$ 9,828.00
Semana 12	187	\$ 14,586.00
Semana 13	152	\$ 11,856.00
Semana 14	309	\$ 24,102.00
Semana 15	269	\$ 20,982.00
Semana 16	134	\$ 10,452.00
Semana 17	258	\$ 20,124.00
Semana 18	203	\$ 15,834.00
Semana 19	267	\$ 20,826.00
Semana 20	236	\$ 18,408.00

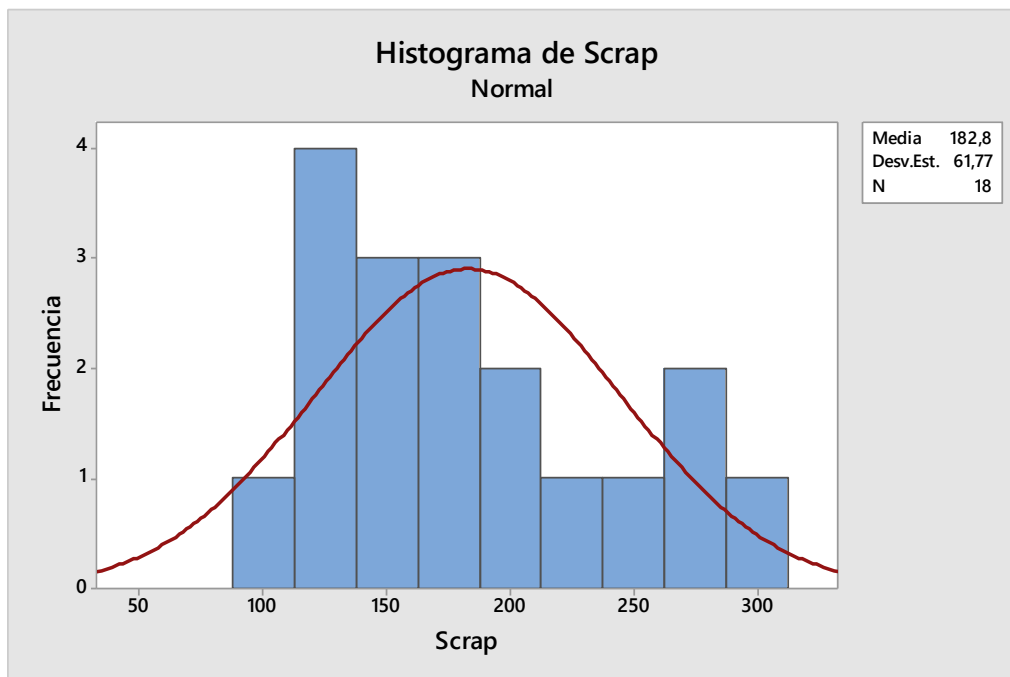
Nota: Monserrat Vargas Carvajal

En promedio se pierden \$14.000 en **scrap** generado en la línea de producción.

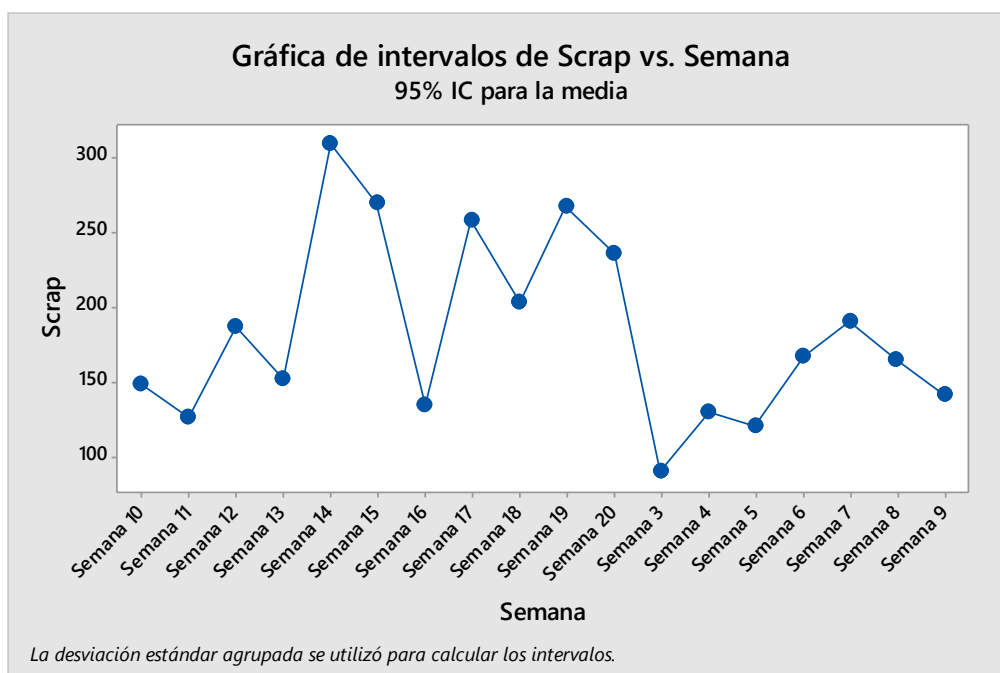
En la Figura 10. Histograma de **scrap** y en la Figura 11. Intervalos de **scrap** por semana se muestra el comportamiento del **scrap** de piezas finales que se ha generado por semana. En esta figura se puede observar que el **scrap** muestra valores atípicos; estos muestran una asimetría hacia la derecha inicialmente; sin embargo, a la izquierda se observa un valor que sobre sale. Por esta razón se determina que el **scrap** tiene valores atípicos. Estos datos muestran un ajuste adecuado de los datos.

La media del **scrap** es de 182.8 **scrap** generados por semana en la línea de producción; es decir, 183 **scrap**. Mientras que muestra una desviación estándar de 61.77 la cual refleja que los datos presentes en el **scrap** de la línea de Dynamic tienen una alta dispersión.

Figura 10. Histograma de **scrap**



Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Figura 11. Intervalos de **scrap** por semana

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

En promedio se pierden \$14.000 en **scrap** generado en la línea de producción. Al aumentar en al menos un 13% la productividad de la línea se busca que estos valores se reduzcan, ya que adicional a esto se encuentran los valores de **scrap** de componentes a como se mencionó anteriormente

Estos valores se muestran en la Tabla 7. Valor del **scrap** de componentes.

Tabla 7. Valor del **scrap** de componentes

Semana	Scrap de componentes
Semana 3	\$ 2,382.00
Semana 4	\$ 3,009.00
Semana 5	\$ 1,473.00
Semana 6	\$ 4,050.00
Semana 7	\$ 2,826.00
Semana 8	\$ 3,245.00
Semana 9	\$ 2,615.00
Semana 10	\$ 2,902.00
Semana 11	\$ 3,422.00
Semana 12	\$ 3,399.00
Semana 13	\$ 2,114.00
Semana 14	\$ 3,698.00
Semana 15	\$ 2,138.00

Semana 16	\$	2,897.00
Semana 17	\$	2,600.00
Semana 18	\$	1,465.00
Semana 19	\$	5,068.00
Semana 20	\$	3,545.00

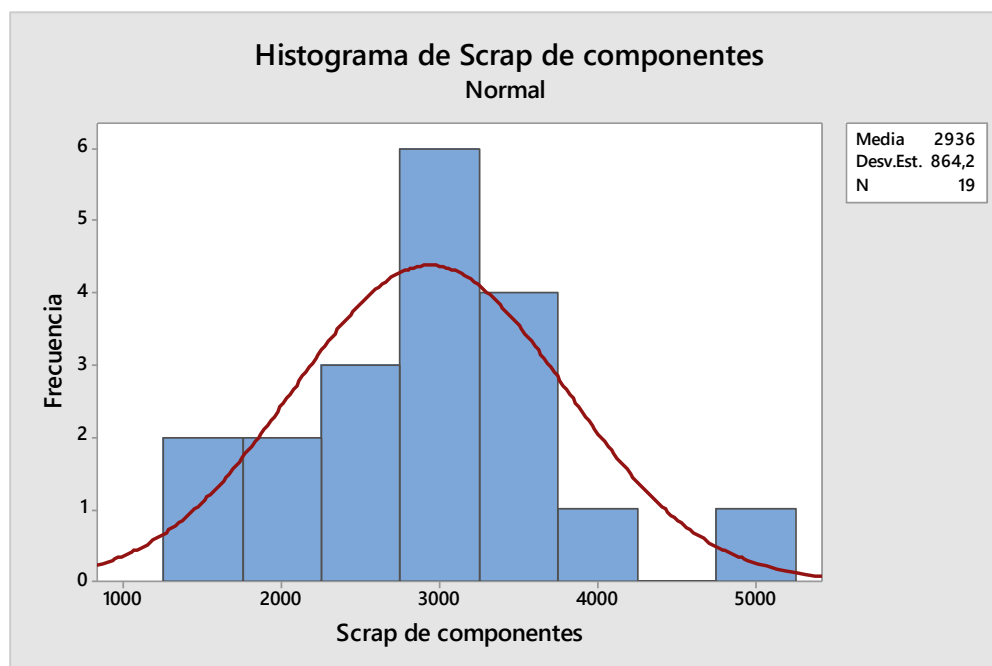
Nota: Monserrat Vargas Carvajal

En la Figura 12. Histograma **scrap** de componentes y

Figura 13. **Intervalos** del scrap de componentes por semana se desarrolla el histograma y el gráfico de intervalos respectivamente donde los datos que se muestran son atípicos al igual que en el **scrap**.

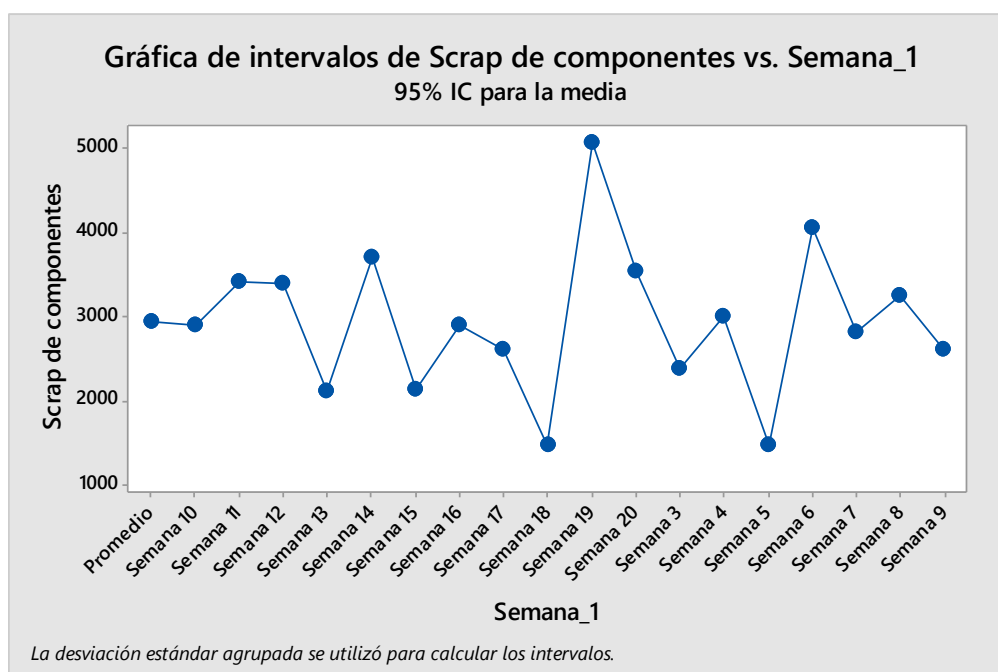
Este análisis se realiza con el valor en dólares del **scrap** de componentes de la línea. Muestra un ajuste adecuado de los datos; sin embargo, refleja una alta desviación estándar de 864.2 la cual denota la dispersión que existe entre los mismos. Es por esto que se cataloga como datos atípicos.

Figura 12. Histograma **scrap** de componentes



Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Figura 13. Intervalos del **scrap** de componentes por semana



Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Una vez analizado el **scrap**, pasamos a las salidas; estas se definen como salidas de la compañía voluntarias o involuntarias (renuncias o despidos).

La meta es tener esta métrica en cero; es decir, que no salgan personas de la línea. Ya que esto significa pérdida de certificaciones de entrenamiento en las estaciones y contratación de nuevo personal.

Sin embargo; en el presente año se han realizado más salidas de las proyectadas en la línea. Las cuales se muestran en la Tabla 8. Salidas de la línea de Dynamic en el 2019.

Tabla 8. Salidas de la línea de Dynamic en el 2019

Semana	Salidas
Semana 3	0
Semana 4	0
Semana 5	1
Semana 6	2
Semana 7	2
Semana 8	2
Semana 9	1
Semana 10	1
Semana 11	2
Semana 12	3
Semana 13	2
Semana 14	0
Semana 15	0
Semana 16	2
Semana 17	0
Semana 18	1
Semana 19	1
Semana 20	2

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

En diecisiete semanas laboradas se han generado veintidós salidas tanto voluntarias como involuntarias en la línea.

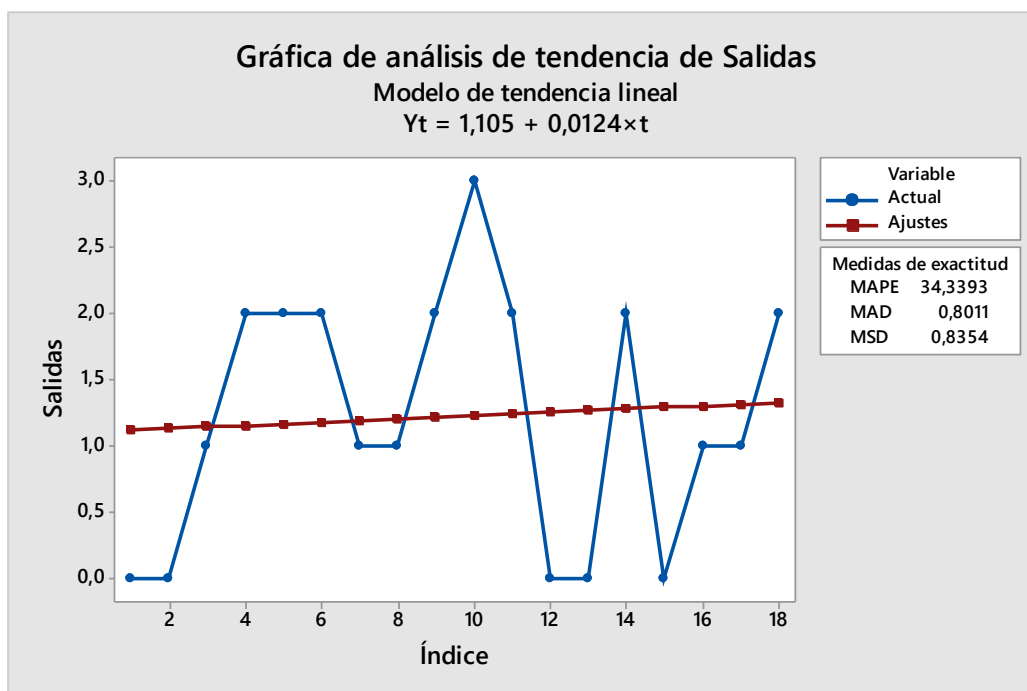
En la

Figura 14. Análisis de tendencias de las salidas de la línea de Dynamic se muestra el análisis de tendencias que se ha presentado en la línea de producción.

Se puede observar que el pico más alto que ha tenido la línea han sido tres salidas en una misma semana, este comportamiento se encontró en la semana doce del año 2019.

Para tener una meta de cero salidas por semana en la planta, tener tres salidas en una sola semana equivale a una alta cifra; sobre todo si se toma en cuenta que en veinte semanas de producción se han tenido un total de veintidós salidas de la compañía.

Figura 14. Análisis de tendencias de las salidas de la línea de Dynamic



Nota: Monserrat Vargas Carvajal

La razón de estas veintidós salidas se muestra en la Tabla 9. Salidas de la compañía a modo de resumen, ya que esta es información confidencial de la empresa. Sin embargo; se logra recopilar

alguna información que sirve como base para los motivos de las salidas; ya sea por renunciaciones o despidos.

Tabla 9. Salidas de la compañía

Cantidad de salidas	Motivo	Rango de edad
7	Oportunidad académica	18-24
1	Oportunidad laboral	18-24
5	Amonestaciones (Despidos)	18-24
2	Oportunidad académica	24-30
0	Oportunidad laboral	24-30
3	Amonestaciones (Despidos)	24-30
0	Oportunidad académica	Mayor de 30
3	Oportunidad laboral	Mayor de 30
1	Amonestaciones (Despidos)	Mayor de 30

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

A modo de resumen por causa de salida de la compañía, se genera la Tabla 10. Causas de las salidas de la compañía y la Figura 15. Causas de las salidas de la compañía muestra el gráfico de este comportamiento.

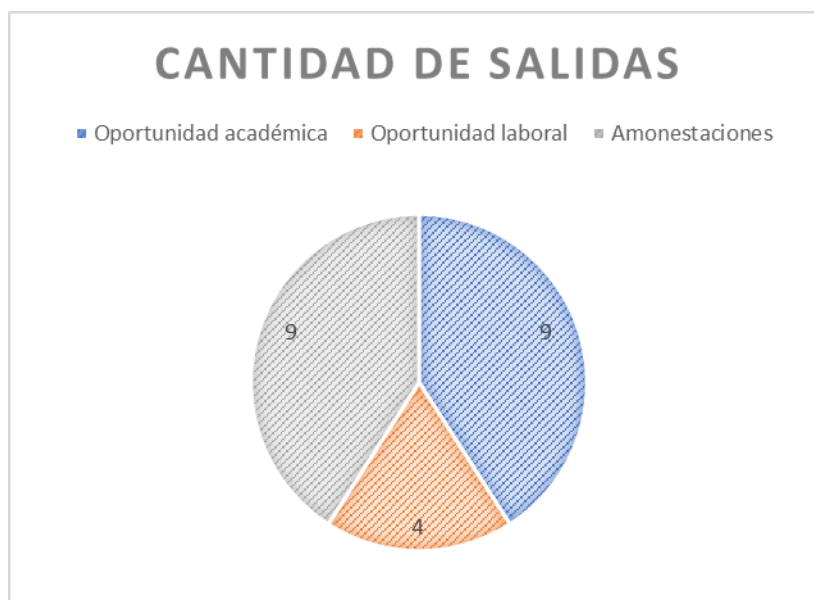
Se puede observar que las dos causas más contribuyentes a las salidas de la compañía son las oportunidades académicas siendo las personas entre dieciocho a veinticuatro años las que más se retiran de la compañía por esta razón, representando siete salidas de nueve. Y las amonestaciones; es decir, despidos que reflejan cinco despidos en personas de dieciocho a veinticuatro años de edad de un total de nueve despidos realizados.

Tabla 10. Causas de las salidas de la compañía

Motivo	Cantidad de salidas
Oportunidad académica	9
Oportunidad laboral	4
Amonestaciones (Despidos)	9

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Figura 15. Causas de las salidas de la compañía



Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Estas salidas de la línea se relacionan con las métricas del departamento de entrenamiento. En la empresa Medic S.A. es requerido estar entrenado en la estación en la que se va a trabajar. De no ser así, el sistema no los deja abrir el lote ni producir. Cuando la persona no está entrenada y se quiere entrenar en una estación determinada se coloca “en entrenamiento” en el sistema, de esta forma puede producir siempre y cuando una persona ya entrenada haya iniciado sesión.

De esta forma se asegura de que la persona que va a ejecutar tiene los conocimientos necesarios para trabajar en la estación y conoce el procedimiento. En el departamento de entrenamiento se lleva una Matriz de Versatilidad, donde se mapea por operario las certificaciones ganadas, certificaciones en “entrenamiento”, certificaciones planeadas y restricciones según consultorio médico y/o salud ocupacional.

Es por esto que la métrica de “work content graph” es tan importante, ya que esta dice cuántas personas se necesitan entrenadas por estación para correr la línea satisfactoriamente. Y la métrica de “coverage” es la que solicita la cantidad requerida por “work content graph” más dos personas entrenadas por estación y así asegurarse que ante una salida imprevista de la compañía o una

ausencia de algún operario no quede la estación descubierta y se pueda correr la línea sin ningún problema.

La meta del “work content graph” es un 100% mientras que la del coverage es un 90% aspirando por llegar al 100%.

A continuación, en la Tabla 11. Métricas de entrenamiento de Dynamic se muestra la tendencia que se ha tenido a lo largo de las primeras veinte semanas del año con las salidas que se han tenido.

Tabla 11. Métricas de entrenamiento de Dynamic

Semana	WCG	Coverage
Semana 3	98%	94%
Semana 4	98%	95%
Semana 5	98%	94%
Semana 6	100%	95%
Semana 7	100%	88%
Semana 8	100%	81%
Semana 9	100%	88%
Semana 10	100%	90%
Semana 11	100%	90%
Semana 12	100%	90%
Semana 13	99%	90%
Semana 14	99%	91%
Semana 15	99%	91%
Semana 16	97%	90%
Semana 17	97%	91%
Semana 18	98%	91%
Semana 19	98%	92%
Semana 20	98%	92%

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Relacionado a esto se muestran una tabla con la cantidad de certificaciones ganadas, perdidas por mes que son las que han afectado las métricas de “work content grap” y coverage de la línea. Las mismas se muestran en la Tabla 12. Certificaciones ganadas y perdidas del 2019.

Tabla 12. Certificaciones ganadas y perdidas del 2019

Area	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo	
	Ganadas	Perdidas	Ganadas	Perdidas	Ganadas	Perdidas	Ganadas	Perdidas	Ganadas	Perdidas
Dynamic	21	17	17	25	23	28	15	31	23	26

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Es importante mencionar que en el departamento de entrenamiento se encuentran dos figuras importantes en cada línea de producción; el especialista de entrenamiento, que es el ingeniero encargado de hacer los planes de entrenamiento y el entrenador de producto que es un operario que destaca por su alto desempeño y conocimiento de la línea, es ascendido y se encarga de velar porque los planes de entrenamiento generados por el especialista se cumplan.

Pero ninguna de estas dos figuras son las encargadas oficialmente de dar el entrenamiento al operario; para esto la línea cuenta con el Experto en la materia o SME (Subject Matter Expert por sus siglas en inglés) quien es un operario que además de producir la cantidad de unidades requeridas tiene la responsabilidad de revisar las piezas realizadas por la persona en entrenamiento, explicarle el procedimiento y darle buenas prácticas para la realización de la tarea.

Adicional a esto, una métrica que también se toma en cuenta para el estudio son los eventos de seguridad. La meta del año para el PU de Mapping and Steerables son 5 eventos en el año; sin embargo, para las primeras veinte semanas del año se llevan solo para el área de Dynamic nueve eventos de seguridad registrados.

En la Tabla 13. Eventos de seguridad en el área de Dynamic se muestran las semanas en las que se generaron estos incidentes.

Tabla 13. Eventos de seguridad en el área de Dynamic

Semana	Incidentes
Semana 3	1
Semana 4	1
Semana 5	0

Semana 6	0
Semana 7	0
Semana 8	1
Semana 9	2
Semana 10	2
Semana 11	1
Semana 12	0
Semana 13	0
Semana 14	0
Semana 15	0
Semana 16	0
Semana 17	0
Semana 18	0
Semana 19	0
Semana 20	1

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

En la empresa Medic S.A. se dividen los eventos de seguridad en cuatro términos diferentes, mencionados a continuación.

- Primeros auxilios, a los cuales se les da la atención inmediata sin necesidad de llevar a la persona a un centro hospitalario.
- Recordable, es necesario llamar a emergencias y trasladar la persona a un centro hospitalario para su atención.
- Casuístico, es cuando un evento estuvo pronto a suceder, pero no sucedió. Este queda como lección para evitar que suceda después.
- Trayecto, son los eventos que suceden en el trayecto a la estación de trabajo. Ya sea fuera de la compañía o en la misma compañía, pero mientras se encuentra de camino a la estación.

El desglose de los eventos de seguridad que han sucedido en la línea se encuentra en la Tabla 14.

Eventos de seguridad.

Tabla 14. Eventos de seguridad

Estación	Fecha del evento	Clasificación	Parte del cuerpo lesionada	Tipo de incidente	Descripción
Run Wire	18-Jan	First Aid	Dedo de la mano	Punzocortante / laceración	El PB estaba cambiando la navaja, al colocarlo en el portanavajas este se corre y se corta el dedo 4 de la mano derecha
Handle Grande	26-Jan	Casuístico	Muñeca	Inflamación de articulaciones	Estaba trabajando una pieza, al hacer fuerza para retirar el collar del Handle sintió dolor en la mano derecha
Gowning CER5	18-Feb	Trayecto	Codo	Contusión / moretón	Se estaba vistiendo en el Gowning y se golpeó el codo derecho con la caja de los lentes de seguridad para visitar
Run Wire	28-Feb	Recordable	Brazo	Inflamación de articulaciones	Operaria que desempeña la estación de Run Wire (enhebrado) presentó durante las 2018 molestias en manos, muñeca, codo y hombro derecho. El caso durante el 2018 no evolucionó hacia la mejora además el INS notifica hasta el 2019 sobre el caso, por lo que se determina como un evento ergo registrable.
Run Wire	1-Mar	First Aid	Cara	Rasguño / Abrasión	La persona de Orbiters que se dirigía hacia el cubículo del PBIV, al caminar por el pasillo y pasar cerca de la de Soldado de Gables Guía, la compañera de la estación de Soldado de Gables Guía, la golpea con las pinzas que sostenía en la mano. Según video la persona estira el brazo y golpea la cara de la persona en el lado derecho.
Run Wire	5-Mar	First Aid	Mano	Rasguño / Abrasión	Refiere la persona que al soldar el anillo y halar el alambre de cobre para ajustarlo, se golpea la mano con el electrodo inferior lo que le raspó la zona por el nudillo del 3er dedo de la mano derecha
Solder ball	5-Mar	First Aid	Dedo de la mano	Rasguño / Abrasión	Refiere estar en la estación de soldar bola, al hacerle el "ganchito" al alambre le corta el dedo de la mano izquierda.
Curado al Aire	15-Mar	First Aid	Dedo de la mano	Rasguño / Abrasión	Estaba trasladando la bandeja que tenía sobre la mesa hacia el rack de Curado y al agarrar la bandeja paso su dedo medio de la mano derecha sobre el borde superior de la bandeja ya que había un borde filoso y esto lo cortó.

Extension Tube	14-May	First Aid	Dedo de la mano	Contusión / moretón	Al ser las 7am se encontraba la colaboradora en la estación de Extension Tube ejecutando su operación, al desplazarse en su silla para abrir la gaveta, se golpea contra la manigueta de la misma. Esto le causa una herida contusa con sangrado activo. Importante recalcar que la gaveta no cuenta con bordes filosos. En el momento, lo reporta a su compañero quien da aviso al Supervisor del área, la colaboradora se dirige al consultorio médico donde recibe atención médica de primeros auxilios. Al ser las 7:30am, retoma laborales sin problema.
----------------	--------	-----------	-----------------	---------------------	---

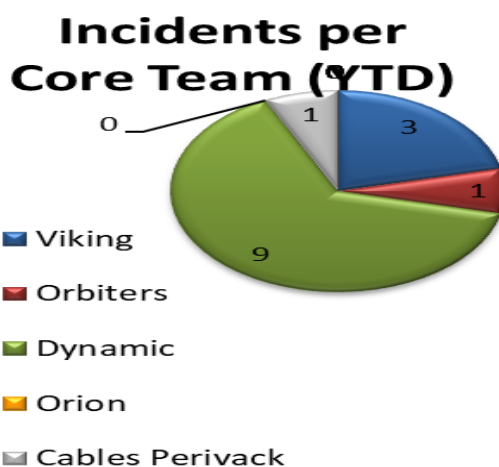
Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Es importante mencionar que en el PU de Mapping and Steerables Dynamic es la línea que sobresale en cuanto a eventos de seguridad.

En la

Figura 16. Eventos de seguridad en el PU de Mapping and Steerables se representa la cantidad de eventos de seguridad presentes en el PU para cada una de las líneas.

Figura 16. Eventos de seguridad en el PU de Mapping and Steerables



Nota: Departamento de EHS, Medic S.A.

Como se mencionó anteriormente la meta de la planta de Heredia en Costa Rica es un ausentismo de 6%; sin embargo, en la línea de Dynamic el ausentismo sobrepasa este porcentaje.

En la línea se tienen 54 operarios trabajando, en la Tabla 15. Ausentismo de la línea se muestra el porcentaje de ausentismo por semana y la cantidad de operarios que reflejan ese porcentaje.

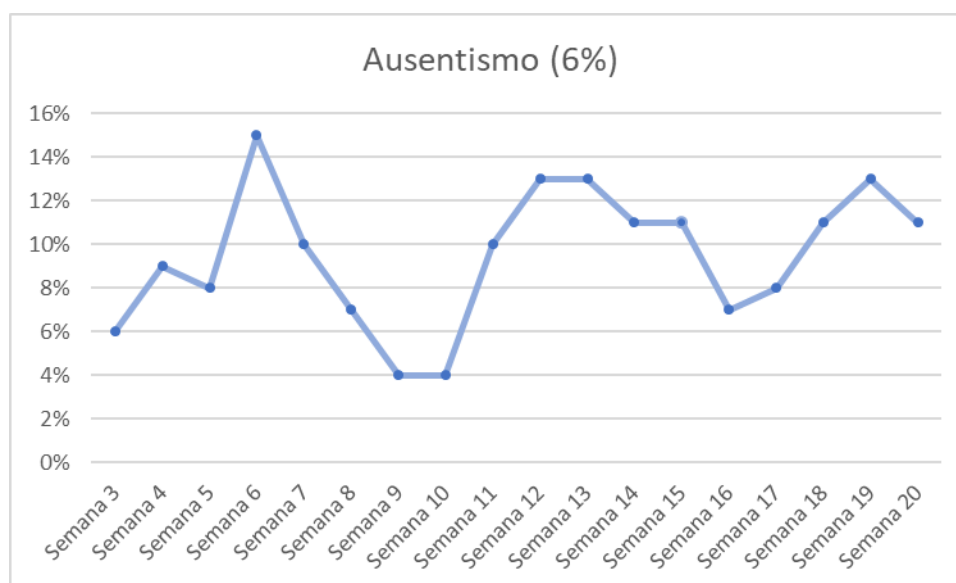
Tabla 15. Ausentismo de la línea

Semana	Ausentismo (6%)	Cantidad de PBs
Semana 3	6%	4
Semana 4	9%	5
Semana 5	8%	5
Semana 6	15%	9
Semana 7	10%	6
Semana 8	7%	4
Semana 9	4%	3
Semana 10	4%	3
Semana 11	10%	6
Semana 12	13%	8
Semana 13	13%	8

Semana 14	11%	6
Semana 15	11%	6
Semana 16	7%	4
Semana 17	8%	5
Semana 18	11%	6
Semana 19	13%	8
Semana 20	11%	6

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Figura 17. Tendencia del ausentismo en la línea



Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Todas estas métricas anteriormente explicadas son las que reflejan una baja productividad en la línea, y generan unas métricas de eficiencia y utilización negativas en algunas semanas productivas.

La tendencia se muestra en la

Tabla 16. Eficiencia y utilización de la línea, siendo la meta de la eficiencia por arriba de 91.9% y de la utilización por arriba de 80%.

La métrica de eficiencia se calcula por medio de las horas ganadas entre las pagadas a los operarios, entre esta métrica se toma en cuenta la cantidad de overtime que se ha generado para poder cumplir

con la producción. Cabe destacar que el overtime en la madrugada (de 3:30 a.m. a 6:00 a.m.) se paga 1.5 veces más que el costo de una hora normal de trabajo.

Es por esta razón que cuando se debe realizar overtime en esa hora la métrica se llega a poner en rojo, es decir, en menos de lo esperado.

Mientras que la métrica de utilización contempla la cantidad de operarios que tengo en la línea, contando una persona flotante. Las métricas de work content graph dicen cuántas personas requiero para correr la línea, es de ahí donde se saca cuántas personas pagan la producción ganada; sin embargo, se contemplan personas flotantes para cubrir en caso de ausentismo o salidas de la compañía.

La métrica de utilización se pone en rojo cuando se tienen más personas de lo requerido en la línea de producción.

Tabla 16. Eficiencia y utilización de la línea

Semana	Eficiencia (91.9%)	Utilización (80%)
Semana 3	106.2%	88.0%
Semana 4	90.3%	72.0%
Semana 5	88.4%	84.5%
Semana 6	92.3%	84.5%
Semana 7	97.8%	69.0%
Semana 8	73.3%	69.0%
Semana 9	83.2%	72.0%
Semana 10	85.4%	70.0%
Semana 11	90.7%	74.7%
Semana 12	94.8%	86.7%
Semana 13	37.7%	33.6%
Semana 14	39.6%	40.5%
Semana 15	26.8%	26.2%
Semana 16	74.7%	53.7%

Semana 17	72.8%	54.2%
Semana 18	83.6%	67.3%
Semana 19	93.4%	72.8%
Semana 20	90.7%	68.5%

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Analizar

La tercera fase de la metodología DMAIC como se menciona anteriormente es la de analizar. En esta fase es donde se va a buscar la causa raíz del problema establecido en las dos fases anteriores.

En esta etapa se va a dar inicio con la realización de un FMEA, posteriormente se va a realizar la metodología 8D y se va a finalizar con un diagrama resumen de la etapa.

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

En el Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) donde se detalla cada punto encontrado en las etapas realizadas anteriormente para definir un RPN; es decir, un número de prioridad de riesgo. El número de prioridad de riesgo indica la dirección y permite detectar las causas más influyentes en las cuales se deben priorizar los esfuerzos.

En la Tabla 17. FMEA Medic S.A. se encuentra en Failure Mode and Effects Analysis para la compañía Medic S.A.

Tabla 17. FMEA Medic S.A.

Failure Mode and Effects Analysis										
System:	Medic S.A.	Design Responsibility:			Dynamic Core Team	FMEA Number		1		
Subsystem		Key Date:			Jun-19	Page		1		
Component	Línea de producción Dynamic					Prepared by:		M. Vargas Carvajal		
Model:	Dynamic					FMEA Date:		Jun-19		
Core Team:	Dynamic									
Proceso	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	Class	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Design Controls Prevention	Current Design Controls Detection	Detect	R. P. N.
	¿Cómo puede fallar el proceso?	¿Qué ocasionará el modo de falla?			Listado de las posibles causas para		Acciones a tomar para prevenir	Acciones a tomar para poder		0

					cada modo de falla.			detectar las fallas		
Producción de catéteres de electrofisiología	Ausentismo del personal	No se logra cumplir el CBP propuesto	8	1	Incapacidades, renuncias o despidos	8	Se ofreció un bono económico al PB que no falte en todo el mes. Horas extra para lograr el CBP	Métricas diarias donde se llevan los valores del ausentismo	6	384
Producción de catéteres de electrofisiología	Falta de entrenamiento	No se puede trabajar en todas las estaciones de la línea por no tener la cantidad de personas entrenadas requeridas	10	2	Incapacidades, renuncias o despidos	10	Iniciar entrenamientos en las estaciones que no tienen cobertura	Métricas de entrenamiento (Work Content Graph, Coverage y Crosstraining)	2	200
Producción de catéteres de electrofisiología	Paros de máquina	Retrasos al producir, afectando el cumplimiento de la meta de producción	8	3	Método incorrecto en la máquina, problemas con los parámetros, daños de material	6	Refrescamiento del método	Revisión del material antes del uso, ajustar los parámetros al inicio de cada turno	5	240
Producción de catéteres de electrofisiología	Incidentes / Recordables de seguridad	Condiciones inseguras en la planta, acciones inseguras del operario al trabajar	8	4	Método incorrecto de trabajar. No cubrir las herramientas punzo cortantes.	6	Colocar holders para las herramientas punzo cortantes. Avisos visuales	Registro de incidentes y recordables	3	144
Producción de catéteres de electrofisiología	Piezas generadas como scrap	Retrabajos, piezas menos en los lotes de producción	7	5	Método de trabajo, procedimientos no claros	8	Refrescamiento del método	Métricas diarias de la producción	5	280

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

En el FMEA se puede observar que las dos causas más críticas o bien, con mayor número de prioridad de riesgo es el ausentismo del personal y las piezas generadas como **scrap**. Posterior a estas dos se encuentran las métricas de entrenamiento, los paros de máquina y por último los incidentes o recordables de seguridad.

Los esfuerzos se deben priorizar en las tres primeras, el ausentismo, el **scrap** generado y las métricas de entrenamiento.

A continuación, en la Ausentismo del personal

Figura 18. Ishikawa del ausentismo,

Entrenamiento del personal

Figura 19. Ishikawa de la falta de entrenamiento,

Fallos de equipo

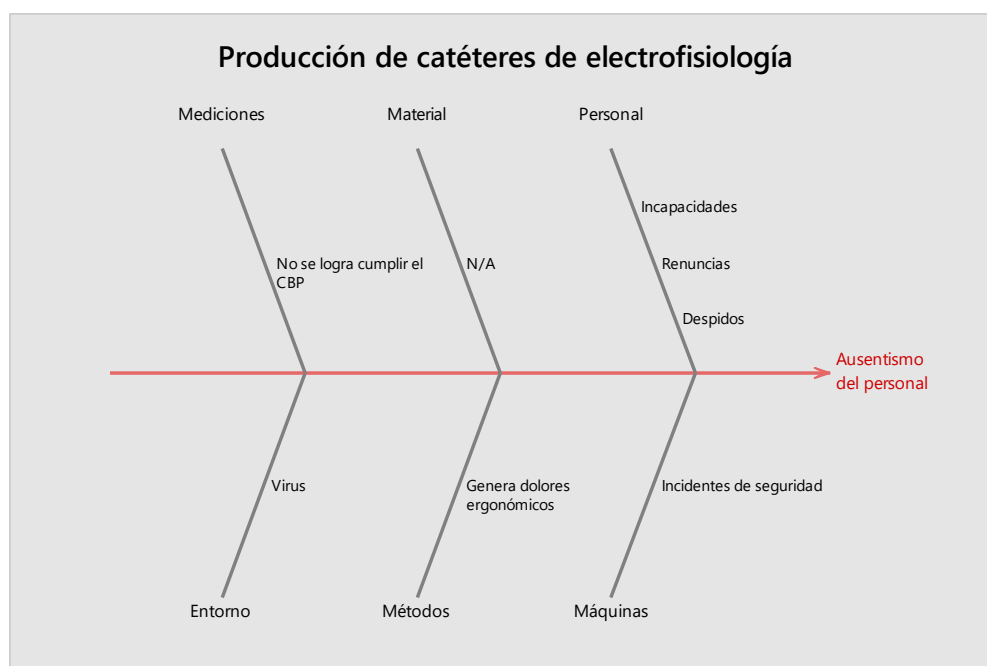
Figura 20. Ishikawa de los paros de máquina,

Seguridad laboral

Figura 21. Ishikawa de los incidentes / recordables de seguridad y en la Figura 22. Ishikawa del **scrap** se asocia cada sub causa al listado de causas de fallas identificadas en el FMEA.

Ausentismo del personal

Figura 18. Ishikawa del ausentismo



Nota: Monserrat Vargas Carvajal

En el Ishikawa del ausentismo se identifican como causas las incapacidades, las renunciaciones y los despidos.

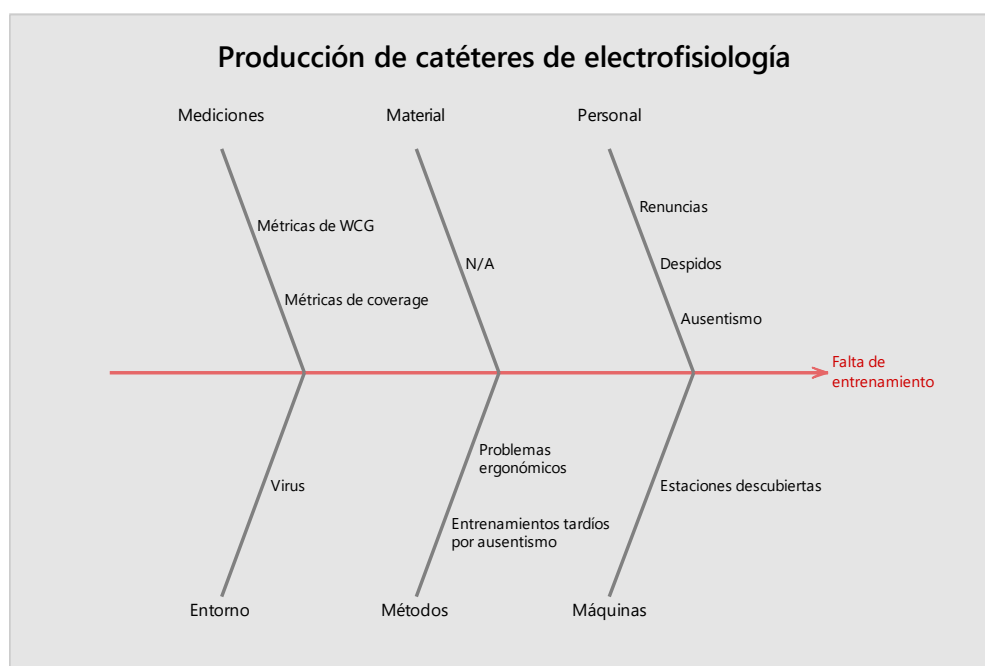
Adicional a esto, el ausentismo genera que las personas trabajen en una misma estación de forma regular por lo que llegan a terminar con dolores ergonómicos tales como dolor en la muñeca, hinchazón en el brazo, dolor en el hombro al levantar el brazo, entre otros. Esto a causa de hacer la misma actividad durante todo el día, y en el consultorio médico de la compañía se llegan a generar las incapacidades.

Por el lado de los trabajos con máquinas, se han generado incidentes graves que terminan en incapacidades de los operarios provocando ausentismo en la línea de producción.

Estas causas generan el ausentismo del personal en la línea de producción, y adicional a esto generan que no se logre cumplir con la producción propuesta para el mes.

Entrenamiento del personal

Figura 19. Ishikawa de la falta de entrenamiento



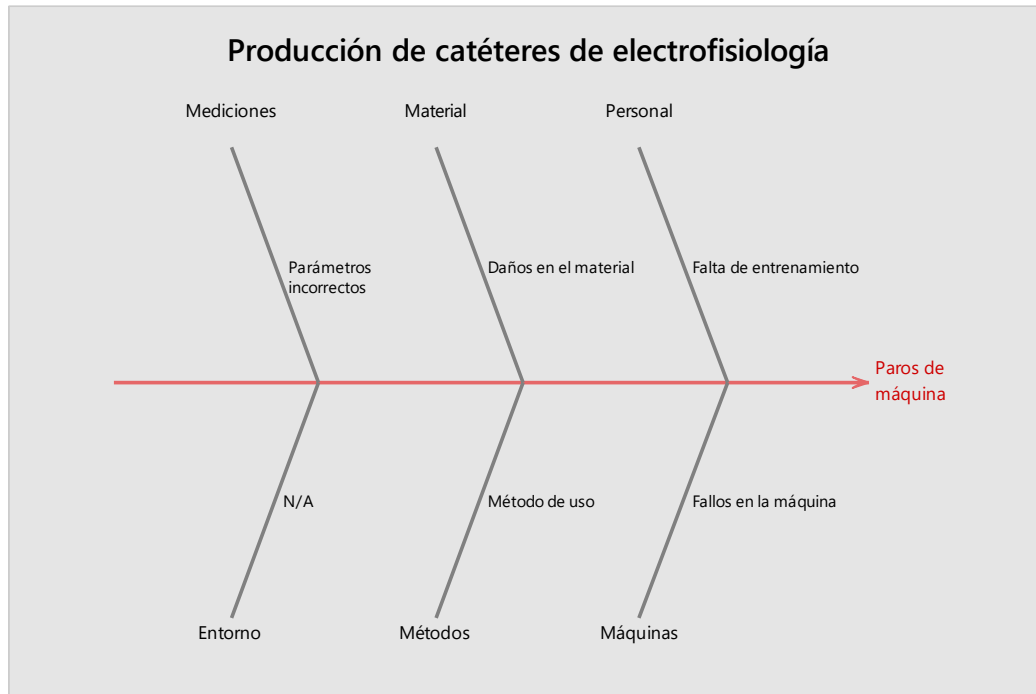
Nota: Monserrat Vargas Carvajal

La falta de entrenamiento se ve afectada de igual manera por el ausentismo de la línea, las renuncias y los despidos que se han generado. Esto afecta métricas como work content graph y coverage, que son las que le permiten a la línea producir día con día.

Con la falta de entrenamiento también se generan problemas ergonómicos, que terminan en incapacidades. Esto ya que al no haber en la línea personas que puedan cubrir todas las estaciones, deben estar en una misma estación durante todo el día y se retrasan los entrenamientos ya que se le da prioridad a los entrenamientos que tienen alguna métrica en rojo, en lugar de los entrenamientos que sirven para rotación del personal.

Fallos de equipo

Figura 20. Ishikawa de los paros de máquina



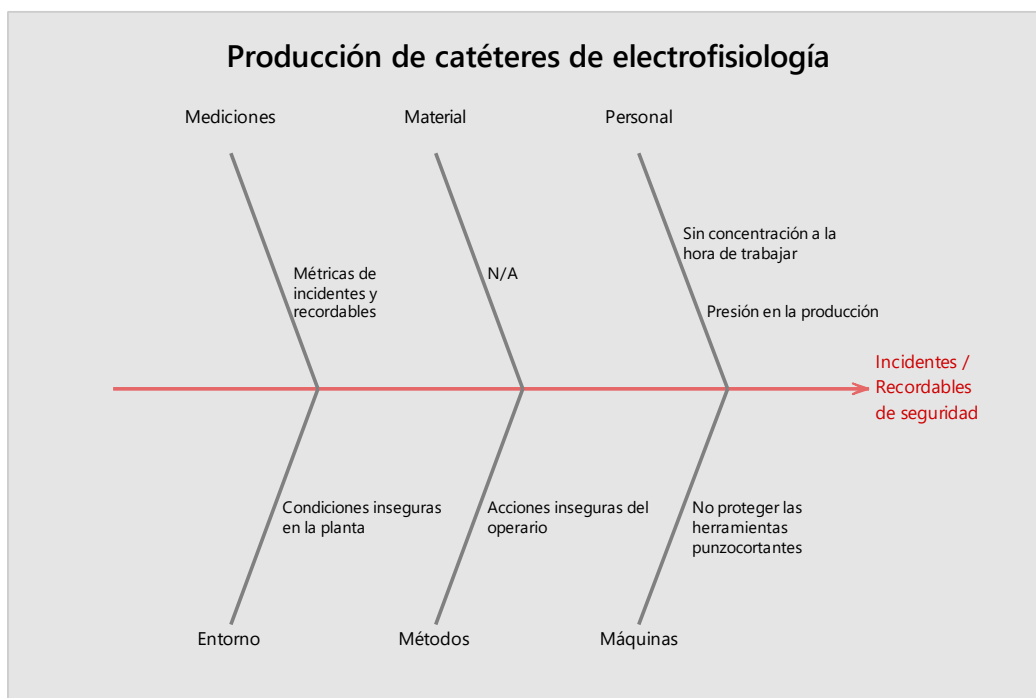
Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Los paros de máquina se deben al método que utilizan los operarios, en ocasiones al usar un método incorrecto con el material afecta la máquina generando que se realicen paros de máquina, y retrasos en el proceso ya que se debe llamar al técnico y esperar a que este llegue a arreglar la máquina de nuevo.

Los paros de máquina también se dan a causa de la falta de entrenamiento, ya que si la persona no está entrenada no realiza adecuadamente los ajustes de parámetros provocando así que se generen fallos al producir.

Seguridad laboral

Figura 21. Ishikawa de los incidentes / recordables de seguridad



Nota: Monserrat Vargas Carvajal

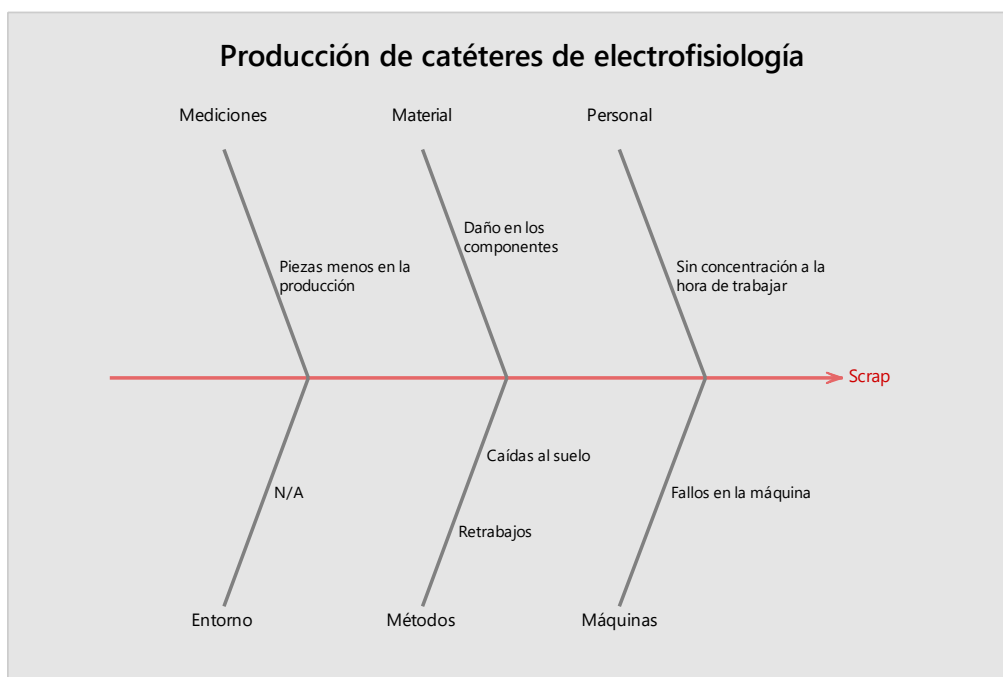
Los incidentes o recordables de seguridad se ven afectados por condiciones inseguras que se puedan presentar en la planta, las cuales muchas veces son generadas por los mismos operarios. Por ejemplo, cuando se deben utilizar herramientas punzocortantes no se les pone la protección correspondiente al finalizar su uso.

Las acciones inseguras del operario son cuando por ejemplo realiza cortes o cambios de navajilla sin utilizar el equipo de protección personal adecuado.

Y a la hora de mencionar que los operarios no tienen concentración a la hora de trabajar, es que en ocasiones no toman precaución con las herramientas que utilizan. Por ejemplo, uno de los incidentes que se reportaron para la línea de Dynamic fue cuando uno de los operarios tenía una herramienta punzocortante en su mano (unas pinzas) y por estar conversando con otro compañero levantó la mano donde las sostenía golpeando a otro compañero que estaba pasando por el lugar en la cara y este le generó un ligero corte en el cachete.

Desperdicios de la línea

Figura 22. Ishikawa del **scrap**



Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Como se menciona al inicio, durante la creación del FMEA todas las fallas encontradas tienen relación entre sí para generar una baja productividad en la línea de producción.

El **scrap** es la última falla encontrada; sin embargo, es el reflejo de las demás causas encontradas. La falta de entrenamiento, la falta de concentración, el método de trabajar, los fallos en la máquina generan el **scrap** de la línea. Dejando así a la línea de producción con unidades atrás de producción, y tiempo perdido para reponer las piezas que ya se habían trabajado, pero se tuvieron que **scrapear**.

Con todas estas causas encontradas y analizadas, se genera a continuación un análisis del árbol de fallas donde se resumen todas las fallas encontradas y sus respectivas causas.

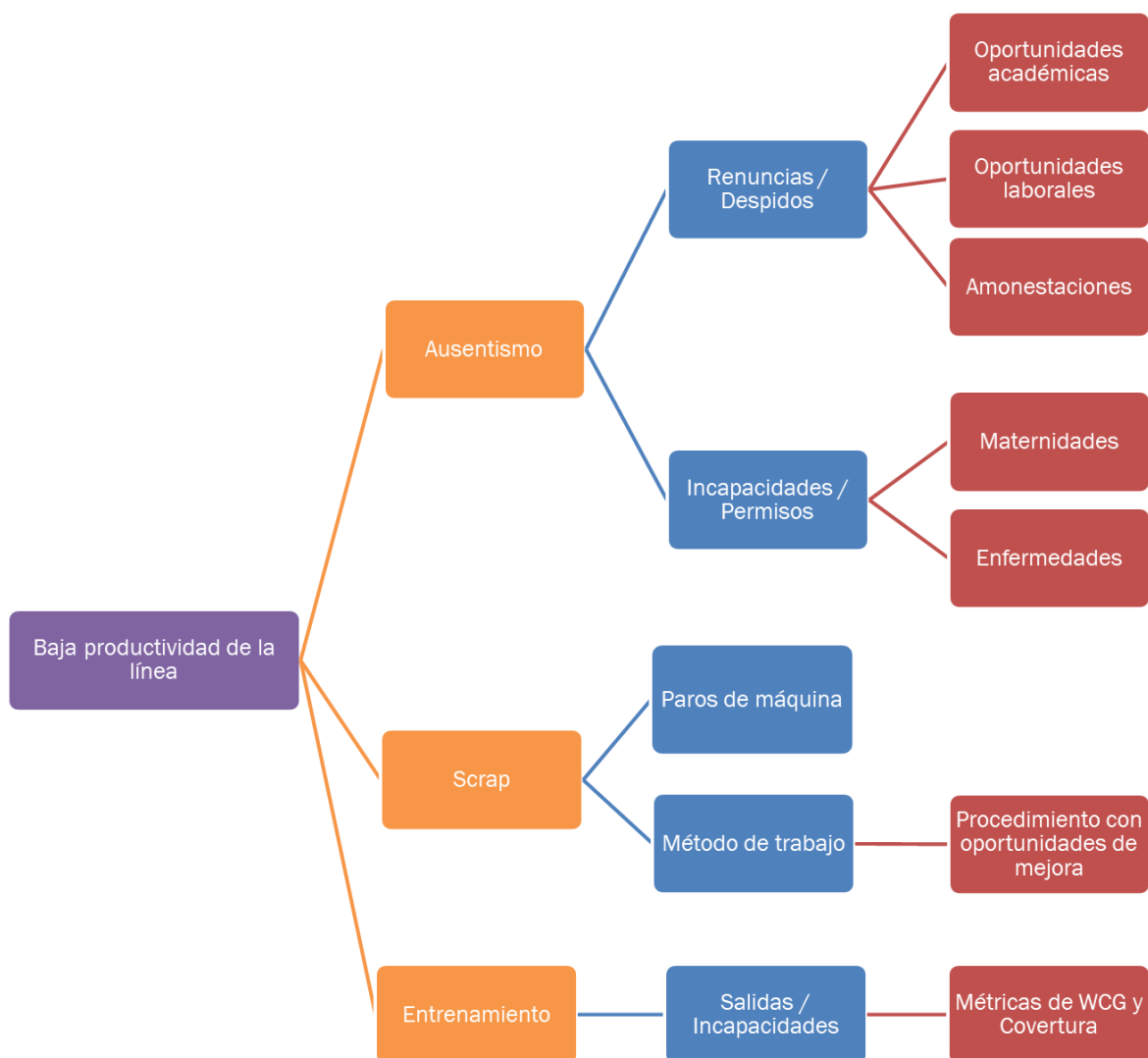
Análisis del árbol de fallas

En el análisis del árbol de fallas se resumen las fallas presentes en la línea de producción de Dynamic que se han encontrado a lo largo del Capítulo V de diagnóstico.

Durante este capítulo se concluyó que la baja productividad se ve afectada por tres ramas; el ausentismo, el **scrap** y la parte de entrenamiento. Cada una de estas ramas tiene subramas que hace

que se vean afectadas día con día en las métricas generando que no se logre cumplir con el CBP propuesto. En la Figura 23. Análisis del árbol de fallas de la línea de producción de Dynamic se muestra este diagrama.

Figura 23. Análisis del árbol de fallas de la línea de producción de Dynamic



Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Con los modos de fallo encontrados en el FMEA se proceden a ubicar según el cuadro de mando integral.

El cuadro de mando integral es una herramienta que ayuda a medir la evolución de la actividad de una compañía, con base en unos objetivos ya planteados y sus resultados. Es por esta razón que se

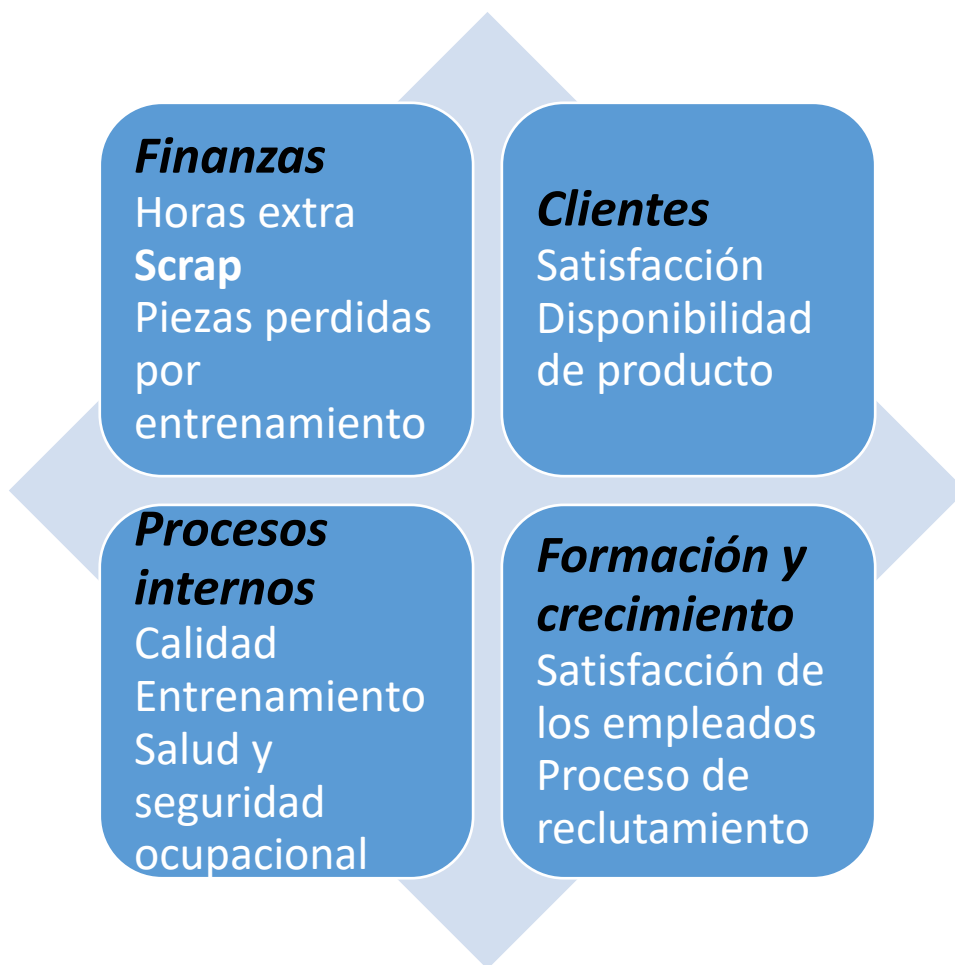
realiza un cuadro de mando integral donde con base en la situación actual de la baja productividad de la línea de producción se divide cada causa encontrada en el análisis en cada una de las cuatro perspectivas del CMI. Esto se realiza para posteriormente abordar por perspectiva las mejoras necesarias al proceso.

Cuadro de mando integral

El cuadro de mando integral se divide en cuatro perspectivas; finanzas, clientes, procesos internos y formación y crecimiento. En la

Figura 24. Cuadro de mando integral se presenta el diagrama donde se clasifican las fallas en cada una de las perspectivas.

Figura 24. Cuadro de mando integral



Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Finanzas

Dentro de las finanzas se toman en cuenta las horas extra realizadas para entrenamiento y para cumplir el CBP del mes, el **scrap** que son piezas perdidas, las piezas perdidas por entrenamiento.

En la empresa Medic S.A. todos los meses se realizan reuniones de Capacidad de la línea de producción, en estas reuniones el Departamento de entrenamiento podría mapear una curva de aprendizaje de los operarios si tienen entrenamientos claves en los cuellos de botella o en estaciones críticas que puedan afectar el CBP propuesto. Si el CBP es de 1670 piezas en el mes, y se mapea una curva del 95% el CBP va a quedar en 1587 piezas de producción para este mes.

Se proyecta la cantidad de unidades de piezas que no se van a generar por la curva de aprendizaje de la persona en esa estación. Y así se descuenta con anticipación para no perderlas durante el mes de producción. Esto implica tener menos unidades de las proyectadas en **stock** para las ventas futuras.

Clientes

En el área de clientes se encuentra la satisfacción del cliente al recibir una pieza realizada de la forma adecuada. Además, al ser piezas médicas deben ir en las mejores condiciones porque se utiliza en vidas humanas. Así como la satisfacción del cliente por la disponibilidad del producto, el cual se envía a diferentes partes del mundo y se debe contemplar el tiempo de traslado.

En la empresa Medic S.A. se mantiene un **stock** adicional al pronóstico de ventas ya que en ocasiones estas pueden incrementarse inesperadamente.

Procesos internos

En el área de procesos internos se toma en cuenta el departamento de calidad, ya que es el encargado de velar de que se cumplen los lineamientos establecidos en la empresa y se trabaja bajo procedimiento en cada una de las estaciones de trabajo.

El Departamento de entrenamiento es el encargado de generar los planes para que las estaciones estén cubiertas por la cantidad de personas requeridas, tengan su cobertura en caso de ausentismo o salidas de la compañía y además, los operarios puedan tener rotación entre estaciones para evitar problemas ergonómicos.

Formación y crecimiento

En el área de formación y crecimiento se encuentra la satisfacción / motivación de los empleados (en este caso, los operarios) que son los que se encuentran trabajando en la línea de producción diariamente y son la parte fundamental para que la producción de catéteres de electrofisiología se lleve a cabo.

También en esta área del cuadro de mando integral se toma en cuenta el proceso de reclutamiento de los operarios presente en la empresa. Este proceso le corresponde al Departamento de recursos humanos, son quienes se encargan de recibir los currícula vitae, realizar entrevistas y seleccionar el personal que va a entrar a la compañía.

Una vez contratada la persona, llega el primer día a inducción que es donde se enseñan los conocimientos básicos que debe tener en la empresa Medic S.A.

Conocimientos tales como buenas prácticas de manufactura; que es donde se explica cómo se debe vestir la persona para entrar al cuarto limpio de producción, buenas prácticas de documentación en caso de que los operarios deban realizar correcciones en documentos oficiales de la compañía, y otros que competen al funcionamiento diario de la compañía.

Una vez que la persona ha pasado por este proceso de inducción el cual dura dos días, se procede a darle un recorrido por los dos edificios de la compañía y el operario pasa a un periodo de prueba en el “Training lab”. Este es un sitio que se encuentra fuera del cuarto de producción, pero con réplicas de las estaciones reales más críticas de las diferentes líneas de la planta.

En este lugar se le enseña a la persona el funcionamiento de los sistemas de producción, la secuencia de pasos que se deben realizar para trabajar en una estación al inicio de cada turno y de cada lote, el uso de barreras para no confundir los diferentes lotes que pueden estar en la línea de producción, el uso de equipo de protección personal, entre otros.

El proceso de entrenamiento en el “Training lab” se tiene proyectado para que dure seis semanas (un mes y medio). Sin embargo, por la necesidad de las líneas y la capacidad limitada del lugar en muchas de las ocasiones este proceso se reduce a dos semanas no teniendo así tiempo para dar el entrenamiento adecuado al nuevo personal, y teniendo que usar tiempo de producción para enseñar las tareas básicas en las estaciones.

Además, al durar tan poco tiempo en el “Training lab” que debería equivaler al periodo de prueba, no se puede determinar si la persona es la adecuada o no para el puesto. Y si tiene las habilidades y actitudes necesarias para ser operario.

Clima organizacional

En las compañías el término de productividad, rendimiento, alto desempeño y eficacia laboral se relacionan al clima organizacional en el que se encuentra envuelto. Este clima organizacional hace referencia a las condiciones físicas, técnicas, humanas y ambientales en las que los trabajadores llevan a cabo sus roles y responsabilidades con la compañía.

En el diseño del clima organizacional de una empresa hay una serie de elementos que no deben faltar. Cada uno de estos elementos se va a desarrollar a continuación con base en la línea de producción de catéteres de electrofisiología Dynamic en la compañía Medic S.A.

Espacio físico

Este se refiere a la ubicación donde se encuentra infraestructura organizacional y donde laboran las personas. En el caso de la empresa Medic S.A. se encuentra en Heredia, Costa Rica.

La compañía se encuentra ubicada en una Zona Franca de la zona de Heredia y no tiene servicio de transporte para sus empleados, únicamente cuenta con el servicio de transporte de la Zona Franca y es responsabilidad de cada empleado el pago de este. Este transporte es hacia San José, Heredia y Alajuela y viceversa.

Actualmente, los lugares de habitación de los cincuenta y tres operarios que se encuentran en la línea de producción se dividen de las siguientes maneras mostradas en la

Tabla 18. Lugar de habitación de los operarios

Tabla 18. Lugar de habitación de los operarios

Lugar	Cantidad
San José	15
Alajuela	10
Heredia	28
TOTAL	53

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

En su mayoría, los operarios pertenecen a la provincia de Heredia lugar donde se encuentra ubicada la planta de producción. Sin embargo, una gran población pertenece al área de San José y Alajuela lugares lejanos a la planta de producción.

Cuando los operarios deben hacer horas extra en la compañía durante la madrugada (de 3:30 a.m. a 6:00 a.m. que inicia el turno de producción) la compañía les paga el servicio de taxi ya que a esa hora no hay servicio de buses y es peligroso.

Estructura

La estructura hace mención del organigrama sobre el cual se organizan los trabajadores de la empresa según sus tareas, obligaciones y horas de trabajo.

En relación directa con la línea de producción, se cuenta con un equipo de trabajo conformado por el supervisor, líder de producción, ingeniero de manufactura, ingeniero industrial, ingeniero de calidad, especialista de entrenamiento, técnico de equipos, salud y seguridad ocupacional, planeamiento, materiales y compras.

El supervisor y el líder de producción se encargan del balance de líneas, las cargas de trabajo, de los permisos, las incapacidades, despidos o renuncias, controlar la cantidad de órdenes que se abren y se cierran en la línea.

El ingeniero de manufactura se encarga de velar que los procedimientos sean claros, que los operarios trabajen bajo procedimiento, estudiar el **scrap** y buscar mejoras en los métodos de producción.

El ingeniero industrial se encarga de definir cuántas personas son requeridas por estación para que la línea pueda cumplir con su producción meta, definir la cantidad de unidades que se deben sacar por estación según la cantidad de operarios que se encuentren por estación y buscar mejoras en el flujo de producción.

El ingeniero de calidad realiza estudios de vulnerabilidad de las estaciones para buscar mejoras, disminuyendo la probabilidad de fallo en cada una de las estaciones. Se encarga de recibir y trabajar las quejas que generan los clientes sobre el producto y se encarga de realizar los estudios en el sistema de producción para determinar cuándo hay huecos en el sistema o falta de capacitación en algún área.

El especialista de entrenamiento se encarga de los planes de entrenamiento, vela porque todas las estaciones tengan la cantidad de personas entrenadas requeridas y tengan a su vez cobertura, así como también entrenamiento de los operarios para que se puedan rotar en la línea evitando problemas ergonómicos.

El técnico de equipos se encarga de velar porque la maquinaria se encuentre en buen estado, dar el mantenimiento adecuado y si se genera algún problema en alguna máquina buscar soluciones rápidas para evitar paros de línea.

Salud y seguridad ocupacional se encarga de velar porque las estaciones estén seguras para los trabajadores, que no haya riesgo de algún accidente y de brindar los **holders** necesarios para proteger al operario de las herramientas punzo cortantes.

El encargado del planeamiento define la cantidad de producción según lo requerido con el pronóstico y el real de las ventas. Definir la cantidad de órdenes que se deben abrir y cerrar por día en la línea y mantener el control de la cantidad de unidades que se encuentran en **stock**.

La persona de materiales se debe asegurar que los materiales que se necesitan en la línea de producción estén en buenas condiciones, y haya en **stock** material para el momento en que se acaben en la línea de producción. Una de las líneas del PU estuvo detenida alrededor de dos meses ya que el encargado de materiales no hizo la compra con la cantidad necesaria y se quedaron sin material. Es por esto que este perfil es importante, para que no le suceda a líneas como Dynamic donde se afectaría aún más la productividad.

Responsabilidad

La responsabilidad es el sentido de compromiso, productividad, puntualidad y capacidad de toma de decisiones de los operarios.

Esto quiere decir que los operarios deberían de ser responsables de sus actos, trabajar bajo los lineamientos de la compañía y respetar el procedimiento bajo el cual se está trabajando.

En la empresa Medic S.A. en ocasiones los operarios no sienten la responsabilidad adecuada en su lugar de trabajo, ya que ejecutan en contra del procedimiento o se realizan acciones que puedan perjudicar el producto. Es en estos casos en los que se realizan las amonestaciones a las personas.

Identidad

La identidad es el sentido de pertenencia y de identidad que deben sentir los trabajadores hacia la compañía.

Este elemento se encuentra de la mano con el anterior, el de la responsabilidad. En este, los operarios se deberían de sentir dueños de lo que están haciendo para ejecutar acorde con los lineamientos de la empresa. Cuando los empleados no se sienten empoderados en su trabajo, y no sienten que son tomados en cuenta para mejoras o puntos de vista de la línea no reflejan ese sentido de la pertenencia.

Esto es lo que ocurre en la línea de producción de Dynamic, los operarios manifiestan que no son tomados en cuenta a la hora de brindar una oportunidad de mejora en la línea de producción.

Comunicación

La comunicación e intercambio de información es importante para el desarrollo de las actividades de una organización, y sobre todo en una línea de producción.

Como se menciona anteriormente, los operarios no se sienten tomados en cuenta a la hora de querer brindar una oportunidad de mejora en la línea de producción, ni a la hora de que los ingenieros deciden realizar un cambio en el procedimiento para agregar una nueva maquinaria o un **fixture**. Y en muchas de estas ocasiones, la mejora no termina funcionando ya que los ingenieros hacen los cambios desde afuera sin consultar a la persona verdaderamente involucrada.

Capacitación

La capacitación en una organización ayuda a incentivar a los integrantes de la organización y a fomentar el desarrollo empresarial y personal.

En la compañía Medic S.A. se da capacitación a los cargos administrativos; sin embargo, a los operarios no se les da ninguna capacitación más que cómo se deben utilizar los sistemas en las líneas de producción.

La compañía tiene convenios con el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) para brindar clases de inglés y otros cursos certificados por ellos; sin embargo, los trabajadores directos de la compañía (es decir, los operarios) cuentan con una serie de restricciones tales como:

- Se beca el 40% a través de la asociación
- Deben tener una nota de desempeño exitoso o sobresaliente
- Validar con el supervisor si el horario de trabajo en la línea de producción le permite asistir a clases

Liderazgo

En la etapa del liderazgo son quienes tienen la responsabilidad de dirigir y ser cabeza del lugar. Se deben mostrar como personas responsables, comprometidas y capaces de motivar e incitar a su equipo para hacer cada día su mejor trabajo.

En la línea de producción hay dos cabezas de liderazgo desde el punto de vista de los operarios; está el líder de producción que es un operario quien por su buen desempeño y conocimiento de la línea y del balance que esta debe tener es ascendido como líder (PBIV) de la línea y el Subject

Matter Expert o Experto en la materia (SME) que son los operarios que después de cumplir una serie de requisitos establecidos se convierte en SME para poder dar el entrenamiento a nuevos operarios en las estaciones en las que ya se encuentra certificado.

Motivación

Una organización debe fomentar el bienestar y la motivación de su equipo de trabajo a través de diferentes estrategias. Algunas de ellas son; ofrecerles un espacio de trabajo limpio e iluminado, dar bonos especiales por productividad, respetar los días libres de descanso, entre otros.

En la línea de producción de Dynamic la motivación se ve afectada desde el punto de vista que no se ven premiados o reconocidos por el buen desempeño de la línea de producción. Se comenzaron a generar bonos a las personas que no se ausentaron durante el mes y recompensas por sacar lotes perfectos; sin embargo, han sido bonos temporales. Por lo que los operarios no se sienten motivados la mayor parte del tiempo.

Los lotes de la línea de producción de Dynamic son de doscientas setenta y dos piezas o trescientas cuarenta piezas, por lo que es un poco difícil sacar lotes perfectos. Sin embargo, cuando lo han logrado no se han visto beneficiados o reconocidos por eso.

En la parte de la motivación también se encuentra la parte del entrenamiento, los SME's no se ven motivados a entrenar a las personas ya que no reciben ningún mérito por esto y más bien se recarga su trabajo al producir.

Parte de los requisitos para ser SME son:

- Tener una buena nota de desempeño
- Ser operario dos
- Tener más de un año laborando en la compañía

Sin embargo, en muchas de las ocasiones se hacen SME's por necesidad y no porque estos requisitos se cumplan. Por lo que las personas no dan su mejor desempeño al no sentirse motivados.

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el Capítulo V de diagnóstico se realizaron las primeras tres etapas de la metodología de DMAIC; definir, medir y analizar. Con base en los resultados encontrados en estas etapas se llega a una serie de conclusiones y recomendaciones para la empresa Medic S.A. en relación con la baja productividad que se presenta en la línea de Dynamic.

Conclusiones

De acuerdo con los datos analizados de las primeras veinte semanas del año 2019, momento en el cual la línea de producción de Dynamic comienza a mostrar una desmejora en su rendimiento se concluye que en dicha línea existe una baja productividad ya que no se logra cumplir con la producción planeada por semana.

Al analizar las causas de la baja productividad se logra concluir que las salidas de la compañía se ven afectadas por oportunidades académicas, mejores oportunidades laborales o amonestaciones. Las oportunidades académicas tienen un alto impacto en las personas que se encuentran entre los dieciocho y veinticuatro años. Esto quiere decir que las personas jóvenes buscan este tipo de trabajos mientras logran sus metas.

La planta tiene una meta de reducir la rotación, pero se está contratando personas jóvenes que son las más vulnerables a salir de la compañía por mejores oportunidades laborales o académicas. Además del comportamiento que tienen en la línea de producción.

También se logra concluir que los operarios no cuentan con la motivación necesaria para producir y que, a la vez, no son tomados en cuenta a la hora de realizar mejoras en los procesos.

Las oportunidades para llevar cursos de crecimiento profesional de los operarios se ven limitadas, aunque tienen muchas oportunidades de crecimiento dentro de la empresa pueden comenzar a hacer un mejor uso de los cursos y tienen más beneficios estando en la parte administrativa.

Desde el departamento de entrenamiento no se ve un plan sólido, ya que las métricas se mantienen rojas en la mayoría de las semanas. Aun cuando se presenta una salida o un ausentismo recurrente en una estación crítica no se tiene un plan de contingencia. El departamento se encarga únicamente de entrenar en las estaciones que se requiere.

No se muestra una trazabilidad de los operarios que son expertos en la materia (SME's), este tipo de certificación no tiene certificación anual; es decir, si la persona se convirtió en SME desde el año dos mil quince no hay nada en el sistema que diga que la persona tiene ese tiempo sin recertificarse, no se le vuelve a dar un refrescamiento de sus funciones y responsabilidades ni se ve premiado o recompensado por los entrenamientos que ha realizado mientras produce.

Para el **scrap** se han realizado estudios sobre los problemas más recurrentes en la línea, pero aún no se han llegado a solucionar. En este caso, al igual que con el Departamento de entrenamiento se comienzan a desarrollar los esfuerzos en el momento en que se encuentra roja una métrica y se trabaja para solucionarla, pero no se trabaja como medida de contingencia para prevenir que esto suceda.

Los incidentes de seguridad de la línea han superado la cantidad proyectada de incidentes de seguridad para todo el año los cuales eran cinco, teniendo en total en la línea de producción nueve incidentes para las primeras veinte semanas del año. La seguridad laboral es un tema de suma importancia, ya que es la que le permite al operario terminar de la forma adecuada sus labores diarias.

Además, los incidentes que involucran sangre dentro de la línea de producción pueden llegar a afectar la calidad del producto ya que son productos médicos invasivos. Por lo que un incidente de este tipo hace referencia a realizar pruebas en el producto y se puede llegar a desechar el lote completo si se encuentra impactado.

Tanto por el bienestar del operario, que es lo primero en la compañía como por la calidad del producto es importante una vivencia diaria con la seguridad laboral adecuada donde se eviten los accidentes y una concentración por parte del operario necesaria para evitar cualquier posible incidente tal como el de la persona que golpeó con unas pinzas a otra por estar hablando sin tener el debido cuidado.

Como conclusión, el grupo encargado de darle soporte a la línea de producción de Dynamic no realiza proyectos de prevención; sino que los planes y proyectos generados son a causa de la situación actual de la línea. Es importante que se comience a cambiar esto ya que de otra manera la línea va a continuar estancada y con una baja productividad.

Recomendaciones

Con base en las conclusiones encontradas anteriormente se definen una serie de recomendaciones para la línea de producción de catéteres de electrofisiología de Dynamic en la compañía Medic S.A.

Se propone un proyecto de SME Knowledge (conocimiento experto) en las estaciones que se presenta mayor **scrap** y dificultad a la hora de entrenar. Tal como las estaciones de Run Wire, que abarca soldar, estrechar y correr alambre. Estas tres estaciones son rojas a nivel de ergonomía, manufactura y entrenamiento.

Un proyecto de SME Knowledge se realiza siendo un experto de la estación como bien dice el nombre. Se estudia el procedimiento, qué oportunidades de mejora se pueden encontrar en redacción, y clarificación de los pasos. En la parte de ejecución se realiza el estudio de práctica versus procedimiento, y se toma en cuenta a los operarios para ajustar el procedimiento a una forma segura, y sencilla en la que ellos puedan trabajarlo.

Los proyectos de SME Knowledge ayudan a reducir el **scrap**, optimizan la ejecución del entrenamiento en la estación ya que se realizan mejoras, se toman en cuenta ideas de agregar nuevos **fixtures** que ayuden al operario a minimizar el tiempo de producción y a realizar de forma más sencilla la tarea.

Estos proyectos de SME Knowledge se pueden liderar por el departamento de entrenamiento o por el ingeniero de manufactura; siempre y cuando tomando en cuenta que se necesita de todo el equipo de trabajo que lidera la línea para la ejecución del proyecto.

Se propone la creación de una mejora en la selección y trazabilidad de los SME's de la línea; aunque esta idea aplicaría para toda la planta. Esto con el fin de darle más empoderamiento a los operarios a la hora de realizar los entrenamientos, que los SME's se sientan dueños de lo que hacen y tomados en cuenta para mejoras en el proceso.

Se propone la creación de planes de entrenamiento que no se vean enfocados únicamente a trabajar en las áreas descubiertas, sino tener un plan de contingencia que permita a la línea tener la cobertura suficiente para poder atacar las salidas o incapacidades que se presentan en el día a día.

Se propone la creación de un nuevo perfil para los operarios de la línea de producción, donde no se discrimine a ninguna persona; sin embargo, tomar en cuenta que algunos rangos de edad tienen mayor riesgo de salir de la compañía por oportunidades académicas o de crecimiento profesional.

Se propone un plan de incentivos no sólo económicos, sino incentivos como permisos, minutos extra en las horas de comida, entre otros donde se trabaje con la motivación de los operarios para que puedan brindar su mejor rendimiento.

CAPÍTULO VII PROPUESTA

Propuesta

Implementar

En esta etapa del proyecto se desarrolla la fase de implementar y controlar para cada uno de los problemas encontrados en las etapas anteriores de la metodología de DMAIC.

Con base en las conclusiones y recomendaciones planteadas se procede a desarrollar un plan de implementación por medio del cual se logre aumentar la productividad de la línea de producción de catéteres de electrofisiología de Dynamic en la empresa Medic S.A.

La etapa de implementación da inicio con la metodología de las ocho disciplinas, la implementación del SME Knowledge, un cambio en el perfil del operario para trabajar en la empresa Medic S.A. y finaliza con un plan de contingencia.

Metodología 8D

La metodología 8D es una técnica empleada para la determinación de soluciones efectivas, con el fin de obtener una mejora en el proceso. Con esta metodología se puede encontrar la causa raíz del problema.

Esta metodología consiste en ocho disciplinas que ayudan a la resolución de problemas. Las cuales se van a ir desarrollando a continuación de forma macro y en la Tabla 19. Metodología 8D se puede consultar la herramienta elaborada.

Disciplina 1: Formar un equipo de trabajo

Este equipo se forma con el fin de que personas que están relacionadas y tienen conocimiento de la línea de producción y de las métricas impactadas puedan generar diferentes puntos de vista sobre los problemas ya establecidos.

En el equipo de trabajo se encuentra; el supervisor de producción, ingeniero de manufactura, especialista de entrenamiento, miembro de salud y seguridad ocupacional, ingeniero industrial y el ingeniero de calidad.

Disciplina 2: Determinar el problema

Es importante conocer el problema por lo que en esta disciplina se utilizan herramientas como 5 ¿por qué?, el planteamiento del problema y el diagrama de Ishikawa.

El problema como se menciona desde el Capítulo I del proyecto es la baja productividad de la línea de producción de catéteres de electrofisiología en la línea de Dynamic.

Disciplina 3: Solución provisional

En esta disciplina lo que se realiza es que se genera una solución provisional o contención de acción, en el problema que a mediano o largo plazo se va a quitar para darle seguimiento a una solución permanente.

En el caso de la línea de Dynamic se han desarrollado diferentes soluciones provisionales para cada uno de los indicadores impactados de la línea.

Para el ausentismo de personal y las métricas de entrenamiento se han realizado nuevas contrataciones y / o movimientos de otras líneas de producción que lleguen a cubrir la persona ausente.

Para el **scrap** y los paros de máquina se han realizado oportunidades de retraining, se han contratado técnicos de equipos que estén únicamente relacionados con la línea de producción, se han realizado refrescamientos de procedimientos en las estaciones más vulnerables al **scrap**.

Para los incidentes o recordables de seguridad se han generados ayudas visuales para identificar condiciones inseguras, se han implementado **holders** que eviten los riesgos con las herramientas punzocortantes.

Disciplina 4: Análisis de las causas

En esta disciplina es donde se encuentra la causa raíz del problema determinado anteriormente. Para este punto es importante tomar en cuenta el equipo de trabajo generado en la disciplina uno y a la vez a los operarios que son los que tienen el contacto directo en la línea de producción para poder definirla.

Disciplina 5: Acciones correctivas permanentes

En esta disciplina es cuando ya se tiene clara y definida la causa raíz del problema. Se procede a definir los requisitos o estándares que debe cumplir el proceso o producto, realizar un análisis de riesgos y magnitud de los efectos negativos que podrían generar.

Disciplina 6: Implementar y dar seguimiento a la acción correctiva permanente

En esta disciplina se les presentan las acciones correctivas permanentes a los miembros del equipo para que así, en conjunto se puedan implementar con el criterio experto que cada uno de los miembros del equipo tiene sobre la línea de producción.

A partir de esta disciplina inicia el diseño de la propuesta, la cual se presenta en el Capítulo VII del proyecto.

Disciplina 7: Prevención de problemas

Esta disciplina consiste no solo en darle seguimiento a la propuesta implementada; sino que también, se concentra en servir como guía para implementarlo en otras líneas de producción y que de esta manera se evite que el mismo problema afecte otras líneas de la planta.

Disciplina 8: Cierre del problema

Esta disciplina consiste en que una vez que se ha comprobado que la propuesta ha sido efectiva y se genera el cierre del problema. Es importante recalcar que se debe dar control y seguimiento a la propuesta para verificar que esté dando frutos en la compañía.

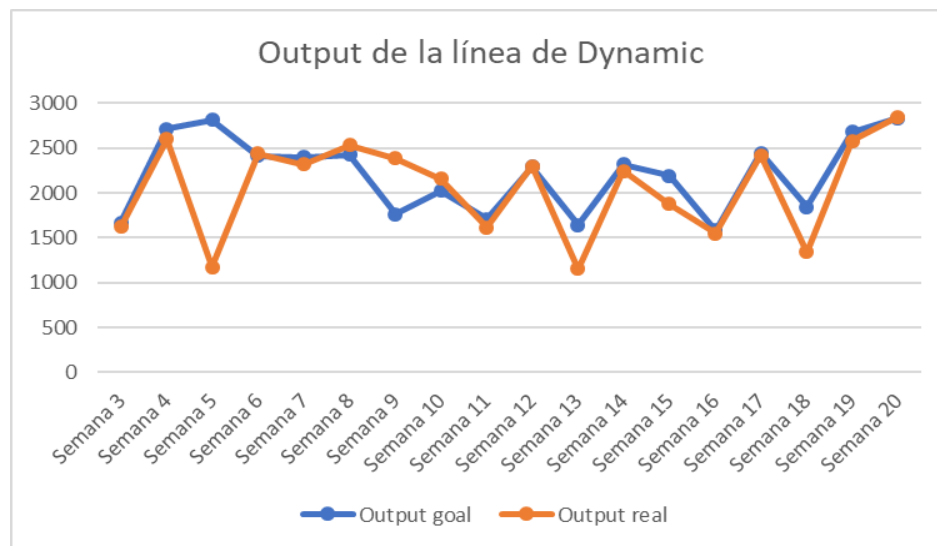
Además, del agradecimiento que se realiza a los miembros del equipo de trabajo para la implementación del mismo.

Tabla 19. Metodología 8D

Empresa	Medic S.A.	Fecha	Jul-19
1. Establecimiento del equipo de trabajo			
Roles			
Supervisor de producción			
Ingeniero de manufactura			
Especialista de entrenamiento			
Seguridad y salud ocupacional			
Ingeniero de calidad			

2. Breve descripción del problema

Durante las primeras veinte semanas del año 2019 la línea de producción de Dynamic no ha logrado cumplir con el **output** por semana esperado. Presentando esta métrica en rojo en la mayoría de las semanas, o bien, realizando producción en tiempos extra para poder cumplir con la demanda proyectada.



3. Solución provisional

- Bonos económicos a los operarios para que no falten
- Recompensas como helados, o tarjetas de la asociación cuando sacan un lote perfecto
- Contratación de nuevo personal o movimiento de personal de otras líneas que ya tenga experiencia y conocimiento sobre el sistema de la compañía
- Planes de entrenamiento en horas extra
- Se realizó un cambio de supervisor y especialista de entrenamiento

4. Análisis de causas Acciones para encontrar la causa raíz			
No	Tarea	Responsable	Fecha cierre
1	Análisis del scrap	Ingeniero de manufactura	Jun-19
2	Análisis de las métricas de entrenamiento	Especialista de entrenamiento	Jun-19
3	Análisis de los eventos de seguridad	EHS (Salud y seguridad ocupacional)	Jun-19
4	Análisis de la tendencia del ausentismo	Supervisor	Jun-19
5	Análisis de la tendencia de salidas	Supervisor	Jun-19
6	Análisis de la eficiencia y utilización	Supervisor	Jun-19
5. Diagnóstico de causas raíces			
	Causa probable 1	Causa probable 2	Causa probable 3
¿Por qué no se logra cumplir con el CBP?	Despidos o renuncias en la línea	Incapacidades en la línea de producción	Las personas no están entrenadas en todas las estaciones requeridas
¿Por qué los operarios se van de la compañía?	Mejores oportunidades laborales	Oportunidades académicas	Amonestaciones que se ven reflejadas en un despido
¿Por qué las personas no están entrenadas?	La cantidad de salidas de la línea deja vulnerables las estaciones más críticas para entrenamiento	Las ausencias dejan estaciones sin cobertura	
¿Por qué se genera scrap?	La necesidad de entrenar a las personas en las estaciones descubiertas hace que se entrenen rápido generando scrap	Métodos complicados o con oportunidades de mejora para su ejecución	
¿Por qué se realiza tiempo extra?	Para entrenar a los operarios en las estaciones requeridas	Para cumplir con el CBP propuesto, ya que el scrap generado se debe botar	
6. Acciones correctoras permanentes			
No	Tarea	Responsable	Fecha cierre
1	SME Knowledge	Especialista de entrenamiento	30-aug-19
2	Perfil de operario	Recursos Humanos	16-aug-19

3	Proyecto SME's	Especialistas de entrenamiento del PU	27-set-19
4	Plan de contingencia	Ingeniero de Manufactura y especialista de entrenamiento	9- aug-19

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

SME Knowledge

La estrategia del SME Knowledge consiste en que los miembros del core team se vuelvan expertos en las estaciones de trabajo; este trabajo lleva un líder que sería el especialista de entrenamiento. Esto para retrabajar los procedimientos ya existentes donde se puedan incluir mejoras en conjunto con el operario quien es el que está todo el día en la estación e involucrar buenas prácticas y métodos más eficientes y rápidos por medio de la incorporación de un nuevo **fixture** o máquina.

El primer paso por seguir es la identificación de la estación que genera más **scrap** en la línea de producción. Muchas veces el **scrap** no es generado o identificado en esta estación, sino que se encuentra en estaciones adelante, pero los fallos por los que se convierte en **scrap** vienen de estaciones anteriores.

La elección de la estación a estudiar debe ser un trabajo en conjunto con el ingeniero de manufactura para identificar la estación más crítica y que tiene mayores puntos de mejora. En el caso del proyecto para la línea de Dynamic la estación a elegir es la de “Soldar alambre”, esta estación es dependiente de otras dos estaciones; correr alambre y estrechar, sin embargo, tiene procedimientos independientes por lo que se va a comenzar a analizar este proceso.

El primer paso por seguir es leer el procedimiento y definir si es lo suficientemente claro para que cualquier operario pueda llegar a trabajar en la estación, si hay pasos que no son lo suficientemente claros y si hay pasos que realizan los técnicos de equipos que pueden realizar los operarios para disminuir el tiempo de espera, o si hay pasos que hacen falta en el procedimiento.

Este trabajo se realiza en conjunto con el ingeniero de manufactura por si hay que realizar pruebas o estudios para agregar pasos en el procedimiento y se realiza con el técnico de equipos para identificar buenas prácticas a la hora de usar la maquinaria. Y, por último, y el más importante en conjunto con el operario que trabaja en esa estación que pueda brindar toda la ayuda necesaria y pueda validar las mejoras que se quieran implementar.

Se realizan auditorías de procedimiento en la estación con todas las personas que estén certificadas para hacer una comparación de “Práctica versus procedimiento” y se anotan las observaciones. El operario que se encuentra en todo el proceso de auditorías y de comparación, es un SME de la estación que ayude a validar la información brindada por los otros compañeros. Así como también se va a otras líneas de la planta donde tengan estaciones de trabajo similares o utilicen la misma maquinaria para realizar un “Benchmark” y obtener posibles ideas de mejora que podrían servir en el proceso actual de la línea en estudio.

Normalmente se realizan estudios en horas extra en conjunto con el SME elegido donde se estudia con cada miembro del core team y los técnicos de equipos las ideas. Una vez establecidas las mejoras en el procedimiento y definidas las buenas prácticas que se puedan realizar se revisa el procedimiento con los operarios.

Posterior a esto, se somete el cambio en el sistema el cual debe llevar una serie de aprobaciones de los miembros del core team y de la alta gerencia. Se toman vídeos y se monta una presentación para transmitir el cambio a los demás operarios.

Este cambio normalmente se da en horas extra antes de que quede efectivo en el sistema. Y es el SME de la estación en conjunto con el especialista de entrenamiento quién lo da.

Para efectos del análisis que se realizó durante este proyecto se recomienda que el SME Knowledge se ejecute en la estación de Soldar alambre, la cual cuenta con cinco líneas idénticas que se dividen en tres estaciones cada una y cuenta con 17 personas entrenadas en la estación de Soldar alambre.

Perfil de operario

La compañía Medic S.A. tiene un perfil de operario diferente para cada sede con la que cuenta y según la línea de producción así se ajusta el perfil. Ya que algunas líneas tienen requerimientos especiales motivo por el cual se ajusta este perfil.

En la Figura 25. Perfil actual de operario para la empresa Medic S.A. se muestran los requisitos actuales que se solicitan para ser operario en la empresa Medic S.A. en la planta de Heredia, como parte de la propuesta está la creación de un nuevo perfil donde se ajusten los requisitos que se les solicita a las personas que vayan a postularse.

Se realizó una comparación con los perfiles solicitados en las diferentes sedes que tiene la compañía Medic S.A. en el mundo para crear un nuevo perfil de operario el cual se muestra en la Figura 26. Perfil propuesto para operario de la empresa Medic S.A.

Figura 25. Perfil actual de operario para la empresa Medic S.A.

Operarios de Produccion Turno A(Heredia) Job

Apply now ▾

Date: Jul 5, 2019

Location: Heredia, H, CR, 0

Acerca de este puesto:

- Operar maquinas o ejecutar operaciones manuales para obtener dispositivos medicos de alta calidad en el tiempo estipulado.

Responsabilidades:

- Monitorear, activar y supervisar el funcionamiento de la maquinaria, ejecutar las operaciones manuales bajo su responsabilidad para obtener los productos deseados en calidad, cantidad y tiempo
- Comunicar inmediatamente cualquier anomalia o incidente al supervisor relacionada con el material o los equipos.

Requisitos:

- Sexto grado como educacion minima
- Flexibilidad para trabajar en el Turno de la mañana y de la tarde. (indispensable)
- Turno de la mañana :L-V (6:00am a 3:30pm)
- Experiencia en Industria medica (Deseable)

Nota: Medic S.A.

Figura 26. Perfil propuesto para operario de la empresa Medic S.A.

Operarios de Producción

Empresa: Medic S.A.

Lugar: Heredia, Costa Rica

Propósito:

Operar maquinas o ejecutara operaciones manuales obteniendo una alta calidad en dispositivos médicos en el tiempo estipulado.

Principales responsabilidades:

- Supervisar, activar el funcionamiento de la maquinaria o ejecutar operaciones manuales bajo su responsabilidad para obtener los productos deseados en calidad, cantidad y tiempo.
- Comunicar de inmediato cualquier anomalía o incidente al Supervisor, ya sea relacionado con material, equipo, bienes terminados o con la integridad.

Requisitos

1. Tener el sexto grado de primaria como mínimo hasta bachillerato de secundaria.
2. Ser mayor de 18 años.
3. El CV actualizado.
4. 2 cartas de recomendación firmadas ya sea de trabajos anteriores o personas conocidas.
5. Original y Fotocopia del último título académico obtenido y/o constancia de estudios. (Sexto grado, Noveno y/o Bachillerato). El nombre en el título debe aparecer igual que en la cédula de identidad.
6. En caso de ser extranjero, adjuntar copia y presentar original del carné del seguro social y la copia de la cédula de residencia.
7. En caso de utilizar anteojos y ser llamado a pruebas, favor traerlos ya que los va a requerir para las pruebas.
8. Capacidad de seguir las instrucciones escritas de manera consistente.
9. Capacidad para realizar pasos de construcción con producto debajo de un microscopio estéreo.
10. Experiencia trabajando en un entorno regulado dentro de un área de entorno controlado.
11. Experiencia trabajando en un entorno de inicio con cambios frecuentes de proceso.
12. Experiencia en procesos de construcción que implican adhesivo y soldadura.
13. Experiencia previa en dispositivos médicos preferida, pero no requerida
14. Experiencia previa en la fabricación de inspecciones y equipos operativos
15. Experiencia en el mantenimiento de registros precisos, incluidos archivos de capacitación y papeleo en la planta de producción
16. Experiencia con programas de software de ejecución de fabricación
17. Experimenta en entrenar a otras personas

Operarios de Producción

Horario Turno A: L-V 6:00am a 3:30 pm.

Horario Turno B: L-V 3:30pm a 10:00 pm y S 7:00am a 2:30pm

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Proyecto SME's

Este proyecto, aunque es a nivel planta, se puede comenzar a desarrollar en la línea de producción de catéteres de electrofisiología de Dynamic. Ya que la motivación en esta línea es muy baja sobre todo en los SME's de la línea. Como se menciona anteriormente, los SME's no tienen ningún control después de su certificación ni son reconocidos por su trabajo día con día. El proyecto SME's vendría a atacar esto.

Este consiste en un grupo de especialistas de entrenamiento, que podrían ser del PU donde se encuentra la línea de Dynamic que se reúnan al menos una vez a la semana a revisar la información referente a este proceso.

Se debe dar inicio por revisar el procedimiento que avala la certificación como SME en la planta, junto con el material utilizado para dar el curso y el examen que se realiza que ayuda a definir si la persona entiende o no la materia relacionada con ser un experto y transmitir este conocimiento. Es importante mencionar que actualmente el curso tiene una duración aproximada de dos horas donde se les debe enseñar el procedimiento de SME's de la planta, como calcular las curvas de aprendizaje de las personas que están entrenando e información importante de cómo transmitir el conocimiento a los demás.

Es recomendable realizar un "Benchmark" con la planta ubicada en Coyol sobre la trazabilidad que se les da a estas personas y sobre el curso que se les brinda. Si dicha planta cuenta con otro procedimiento independiente del que se tiene en la planta de Heredia, y cómo se efectúa el curso para estas personas en término de duración y materiales que se les brinda.

Una vez realizado este "Benchmark" la idea es recopilar la información que sea de beneficio para la planta y si es posible generar las mejoras. Se debe contemplar el añadir una trazabilidad después de dado el curso, similar a la certificación anual que tienen las otras certificaciones (las de las estaciones de trabajo) y generar ideas para mantener la motivación de los SME's.

Entre estos incentivos se pueden contemplar tarjetas de regalo de la asociación de la compañía por los entrenamientos ejecutados, brindarles cursos donde se trabaje con las habilidades de enseñanza y hasta reuniones mensuales por PU o de la línea de producción, pero de ambos turnos donde se puedan exponer entre ellos mismos los diferentes métodos de entrenamiento que han empleado, y se puedan generar ideas de mejora con sus propias experiencias.

La duración del curso debe aumentar, se recomienda realizarlo en dos tramos de cuatro horas cada uno. Esto sería en tiempos extra, los cuales se deben comprar en las reuniones de capacity que se hacen antes de iniciar el mes.

Adicional a esto, es importante mencionar que en total de la planta entre los tres turnos de trabajo (A, B y C) hay trescientos diez operarios que se han certificado como SME's. Se debe realizar un estudio sobre estas personas y contemplar si todas continúan ejerciendo su papel como SME's.

También, se debe mencionar que si una persona es SME por ejemplo, en la línea de producción de Dynamic y se genera un movimiento de área a otra línea continua teniendo el título de SME a nivel de sistema. Por esta razón es importante generar una trazabilidad en el sistema.

Dado que son tantos SME's en la planta, se va a comenzar por reestructurar en el PU donde se encuentra la línea de producción de Dynamic, este PU cuenta con seis líneas de producción de las cuales tres trabajan únicamente en turno A y las otras tres trabajan en turno A y B, no tienen turno C. Para estas seis líneas se cuenta con sesenta y cinco SME's en total.

Plan de contingencia

Ya que la línea de producción está trabajando en atacar las necesidades actuales según el indicador que está en rojo es recomendable trabajar con planes de contingencia ante este tipo de situaciones.

En la Figura 27. Matriz de entrenamiento se muestra la matriz actual de entrenamiento de la línea para el TA, en esta matriz se mencionan los cincuenta y tres operarios presentes en la línea, las estaciones de la línea y cada color representa algo. Por ejemplo, el color verde representa que la persona está entrenada en esa estación, el color amarillo significa que se encuentra en entrenamiento, el color azul son los entrenamientos planeados y el color rojo son las personas que tienen restricción para trabajar en esas estaciones por situaciones ergonómicas.

En la matriz se puede observar que solo se tienen tres entrenamientos planeados y dieciséis entrenamientos abiertos. Adicional, se tiene en rojo las métricas de WCG y de Coverage y no se muestra ningún plan para atacar esto.

Es por esto que se recomienda hacer un plan donde atacar no solo las métricas que se encuentran en rojo sino, las que están vulnerables a estarlo. La matriz en la parte inferior muestra la diferencia que se tiene con la cantidad requerida por métrica. Esto brinda una ayuda visual para definir cuáles estaciones podrían llegar a poner las métricas en rojo por ausentismo o salidas de la compañía.

En la Figura 28. Propuesta para el plan de entrenamiento se muestra una tabla fácil de usar, donde se colocan las estaciones que se encuentran vulnerables en el momento, el operario al que se le asignarían y la fecha de inicio y de final.

Este plan se puede presentar en las reuniones diarias del Core Team y se puede llegar a un acuerdo con el supervisor del área para ejecutar estos entrenamientos y así poder evitar que se coloquen las métricas en rojo cuando haya una salida de la compañía.

Figura 28. Propuesta para el plan de entrenamiento

Training Plan																				
PB	Operario 1		Operario 2		Operario 3		Operario 4		Operario 5		Operario 6		Operario 7		Operario 8		Operario 9		Operario 10	
	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish
Inst Resorte y Tubo Liberador Tension																				
Instalar el Stiffening																				
Instalar Handles Dynamic																				
Wire Terminal Crimping																				
Soldar Bola																				
Instalar Handles XT																				
Ajustar Curva																				
Imprimir Tubo de Extension																				
Union del Tubo de Extension																				
Instalar Cubierta																				
Instalar Guía																				
Instalar Torque y Ajustar																				
Preparar electrodo distal																				
Ensamblar el Tubo de Extension																				
Hacer Alambre Guía																				
eDHR review using MES																				

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Controlar

En la etapa de controlar, se van a tomar en cuenta los indicadores ya presentes en la planta de producción que son con los cuales se logró determinar que la línea de producción tiene una baja productividad. El uso de estos indicadores es el adecuado, por lo que el enfoque de este proyecto es subir las métricas ya establecidas en la empresa. Los indicadores tomados en cuenta son los siguientes:

- **Output** de la línea de producción
- Ausentismo
- Renuncias / despidos
- **Scrap**
- Work Content Graph (Training)
- Coverage (Training)
- Incidentes / recordables de seguridad

Al ser indicadores que se llevan actualmente en la planta, se continuaría con el estándar actual. Estos indicadores se revisan por parte del supervisor quien es el que los expone al core team de la línea, esta revisión se hace de forma diaria.

En la compañía Medic S.A. las reuniones se les denominan como “L”. La reunión con el supervisor y el core team de la línea es el “L3” realizado de forma diaria a las 7:30 a.m. dentro del piso de producción. Posterior a esto, a las 8:10 a.m. se realiza el “L2” que es cuando uno de los miembros del Core Team le expone las métricas y justifica las que se encuentran en color rojo dentro de la línea a los managers del PU. Por último, se realiza el “L1” el cual es donde los manager le exponen las métricas anteriores que se encuentran en color rojo, es decir, que no se logra llegar a la meta proyectada a los directores de la planta.

Sin embargo, cada métrica tiene un representante que es quien envía la información al supervisor para que este la pueda brindar de forma efectiva a sus colaboradores. Los representantes de cada una de las métricas se muestran en la

Tabla 20. Representantes de las métricas.

Tabla 20. Representantes de las métricas

Métrica	Representante
Output	Planning / Supervisor
Ausentismo	Supervisor
Renuncias / Despidos	Supervisor / Recursos Humanos
Scrap	Ingeniero de Manufactura
Work Content Graph	Especialista de entrenamiento
Coverage	Especialista de entrenamiento
Incidentes / Recordables	Salud y seguridad ocupacional

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Análisis Económico

El análisis económico de la propuesta se plantea por las diferentes propuestas realizadas, tanto para el proyecto del SME Knowledge que ayudaría a la línea a reducir el **scrap** y mejorar el método tanto de trabajo como de entrenamiento y el proyecto de SME's.

SME Knowledge

Para el SME Knowledge la parte económica que se debe considerar es la del tiempo extra que se requiere para llevar a cabo el proyecto. El tiempo extra que se utiliza es de 3:30 p.m. a 6:00 p.m. el cuál tiene un costo de \$4.5 la hora.

La duración del proyecto es de cuatro semanas, las dos primeras semanas es para realizar auditorías y buscar los puntos de mejora del procedimiento donde se quedaría en tiempo extra el SME de la estación, y las otras dos semanas es donde se transmiten los cambios a las personas entrenadas y a la vez en entrenamiento en la estación.

Durante estas semanas los días en que se quedan en tiempo extra es de lunes a jueves. Contemplando para el momento en que se les da el cambio a los operarios se quedan dos, más el SME.

En la Tabla 21. Costo de las horas extras se muestra el costo total del proyecto en horas extra de los operarios para darles el cambio y del SME durante la ejecución de las mejoras.

Tabla 21. Costo de las horas extras para SME Knowledge

Costo por persona	Semana	Cantidad de personas	Cantidad de horas	Costo
\$4.50	1	1	10	\$45.00
	2	1	10	\$45.00
	3	12	10	\$540.00
	4	12	10	\$540.00
TOTAL		26	40	\$1,170.00

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Como se menciona anteriormente la primer y segunda semana se contempla solo una persona, el SME en tiempo extra mientras que en la tercer y cuarta semana se cuentan doce personas ya que se cuenta el SME que es el que daría el cambio junto con el especialista de entrenamiento.

Es importante mencionar que tanto el especialista de entrenamiento como los demás miembros del core team trabajan en horario administrativo el cual es de 7:00 a.m. a 5:00 p.m. de lunes a jueves y los viernes de 7:00 a.m. a 2:45 p.m. y no se les paga el tiempo extra. Por esta razón no se está contemplando dentro de la Tabla 21. Costo de las horas extras, sino que se contempla únicamente el pago de los operarios de la línea.

Para el proyecto del SME Knowledge también se debe considerar que en el transcurso del proyecto pueden surgir ideas de adquisición de maquinaria o **fixtures** que van a tener un impacto económico; sin embargo, este costo es muy variable por lo que no se puede considerar actualmente hasta que no se haya realizado el proyecto.

Proyecto SME's

Para el proyecto de SME's se debe contemplar el transporte a la planta de Coyol el cual paga la empresa Medic S.A. y las horas extra para el reentrenamiento en el curso una vez realizadas las

mejoras para las sesenta y cinco personas que actualmente son SME's en el PU de Mapping and Steerables.

El desglose de estos costos se refleja la

Tabla 22. Costos de la reestructuración de SME's.

Tabla 22. Costos de la reestructuración de SME's

Costo por persona	Valor	Cantidad	Cantidad de horas	Costo
Transporte a Coyol	\$ 20.00	2	-	\$40.00
Reentrenamiento de SME's	\$ 4.50	65	8	\$2,340.00
TOTAL		67	8	\$2,380.00

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Los costos por tomar en cuenta son los del transporte a Coyol para realizar el "Benchmark" en la empresa, y el reentrenamiento en el nuevo procedimiento de SME's del PU. Esto tendría un costo total de \$2.380 que se dividen entre cada línea de producción.

En total para el SME Knowledge en la línea y la mejora en el proceso de SME's del PU se estarían gastando \$3.550 mostrados en la Tabla 23. Valor de las propuestas de mejora.

Tabla 23. Valor de las propuestas de mejora

Proyecto	Valor
SME Knowledge	\$1,170.00
Reentrenamiento de SME's	\$2,380.00
TOTAL	\$3,550.00

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Al realizar este proyecto de mejora en el sistema de los SME's se lograría aumentar la productividad en conjunto con las otras métricas estudiadas anteriormente, ya que los SME's que son quienes se encargan del entrenamiento directo de los operarios se encontrarían con mayor disposición y motivación a realizar el mismo.

Al tener un entrenamiento efectivo y de calidad, se disminuiría el **scrap** generado por entrenamiento y se le transmitiría un enfoque en el proceso adecuado.

Con la implementación de estas acciones correctoras permanentes se proyecta el aumento del 13% de la productividad de la línea, como se menciona durante el proyecto la productividad se mide por medio de la producción realizada.

En la Tabla 24. Piezas perdidas por semana se muestra la cantidad total de piezas no producidas según lo planeado dando un total de 3557 piezas durante las primeras veinte semanas del año (equivalente a los primeros cinco meses del año).

Tabla 24. Piezas perdidas por semana

Semana	Piezas perdidas
Semana 3	-49
Semana 4	-109
Semana 5	-1639
Semana 7	-80
Semana 11	-96
Semana 13	-486
Semana 14	-72
Semana 15	-312
Semana 16	-33
Semana 17	-26
Semana 18	-500
Semana 19	-101
Total	3557

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Sin embargo, hubo semanas en las que se produjeron piezas de más según lo planeado. Esto se muestra en la Tabla 25. Piezas ganadas, dando un total de 899 piezas.

Tabla 25. Piezas ganadas

Semana	Piezas ganadas
Semana 6	21
Semana 8	106
Semana 9	618
Semana 10	133
Semana 12	9
Semana 20	12
Total	899

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

La reducción de estas 899 piezas que se lograron producir en las otras semanas aún genera una desfavorabilidad de 2658 piezas de menos en la línea de producción. Estas piezas tienen un valor de \$207.324, lo cual dividido entre los cinco meses del año en donde está contemplando la cantidad de piezas producidas es de \$41.464 por mes.

Es decir, la pérdida que se estaría evitando al realizar las mejoras en la línea sería de \$41.464 por mes por piezas no producidas según lo planeado. Esta información se muestra en la tabla 26

Tabla 26. Valor perdido por mes

Piezas	Valor por pieza	Total	Meses	Total por mes
2658	\$78	\$207,324	5	\$41,464.80

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

Plan de Implementación

Para el plan de implementación se toma en cuenta que dé inicio en semana treinta y dos del año 2019, es decir, el 05 de agosto.

En esta semana se proyecta comenzar con el SME Knowledge por parte del especialista de entrenamiento, el ingeniero de manufactura y el SME de la estación. En conjunto con esto se proyecta tener un plan de entrenamiento como contingencia a las posibles salidas de la línea o incapacidades que se puedan generar.

Como se proyectó una duración de cuatro semanas para el proyecto de SME Knowledge, se proyecta que este termine para la semana treinta y cinco del año. Y para la semana treinta y seis se

comience con el proyecto de mejora de la estructura de SME's, la cual se proyectan dos meses de duración para finalizarla esperando que esté terminada en semana cuarenta y tres del año.

Este plan se grafica por medio de un diagrama de Gantt el cual se muestra en la Tabla 27. Diagrama de Gantt para la implementación.

Tabla 27. Diagrama de Gantt para la implementación

Actividades / Semanas	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
SME Knowledge												
Proyecto SME's												
Plan de entrenamiento												

Nota: Monserrat Vargas Carvajal

REFERENCIAS

A. Lind, D., A. Wathen, S., & G. Marchal, W. (2012). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. México: McGraw Hill.

Alvira Martín, F. (2011). *La encuesta: una perspectiva general metodológica*. Madrid: Centro de investigaciones sociológicas.

Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2010). *Diseño y medición de puestos de trabajo*. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.

Castillo Rascón, M. S., Castro, O. C., Sánchez, A., Ceballos, H., Pianesi, M., Malarczuk, C., . . . Sánchez, A. (2016). Ausentismo laboral y factores de riesgo cardiovascular en empleados públicos hospitalarios. *Bioquímica clínica*, 38-44.

Cuesta Santos, A. (2010). *Gestión del talento humano y del conocimiento*. Colombia: María del Pilar Osorio.

FeSP Servicios públicos. (2015). *Portal de los riesgos laborales*. Obtenido de <http://riesgoslaborales.feteugt-sma.es/>

Figueredo Lugo, F. J. (2015). Aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en un proceso de producción de concreto. *Ingeniería Industrial. Actualidad y nuevas tendencias*, 7-24.

Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad total y productividad*. México: McGraw Hill.

Gutiérrez Pulido, H. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. México DF: McGraw Hill.

Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. México: McGraw Hill.

Hatum, A. (2011). *El futuro del talento. Gestión del talento para sobrevivir la crisis*. Buenos Aires: Comité TEMAS Grupo Editorial.

Hernández Sampieri, R., Méndez Valencia, S., Mendoza Torres, C., & Cuevas Romo, A. (2017). *Fundamentos de investigación*. México: Mc Graw Hill.

Montero Martinez, R. (2016). Relación entre el Lean Manufacturing y la seguridad y salud ocupacional. *Salud de los trabajadores*, 133-138.

- Organización Mundial de la Salud. (2019). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es>
- Oxford. (2019). *Oxford University Press*. Obtenido de <https://es.oxforddictionaries.com/>
- Rajadell Carreras, M., & Sánchez García, J. (2010). *Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Ray Asfahl, C., & W. Rieske, D. (2010). *Seguridad industrial y administración de la salud*. México: Pearson Education.
- Sarria Yépez, M., Fonseca Villamarín, G., & Bocanegra Herrera, C. (2017). Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing. *Universidad EAN*, 1-46.
- SINNAPS. (2015). *SINNAPS*. Obtenido de <https://www.sinnaps.com/>
- Solutions, L. (January de 2019). *Lean Solutions*. Obtenido de <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/8d-ocho-disciplinas/>
- Universidad del Caribe. (2016). *Plan de capacitación*. Panamá: Universidad del Caribe.
- Vargas Hernández, J., Muratalla Bautista, G., & Jiménez Castillo, M. (2006). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 153-174.