

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“MEJORA EN LA GESTIÓN DE PRODUCCIÓN APLICANDO EL LEAN CONSTRUCTION EN LA OBRA DE RECUPERACIÓN DEL NIVEL DE PAVIMENTO EN LA PISTA DE ATERRIZAJE DEL AIJCH”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Kevin Alberto Becerra Posito

Asesor:

Ing. Jorge Luis Canta Honores

Lima - Perú

2020

## DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres, docentes y amigos, quienes con su apoyo constante me impulsan a seguir adelante.

## AGRADECIMIENTO

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes, entre los que incluye este trabajo. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
RESUMEN EJECUTIVO .....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	12
1.1 Respecto a la Empresa.....	12
1.2 Respecto a las Operaciones en la Empresa.....	14
1.3 Certificaciones .....	18
1.4 Principales Clientes .....	19
1.5 Realidad Problemática.....	22
1.6 Análisis de Causas y Pronostico del Problema Abordado .....	27
1.7 Respecto a la Experiencia Profesional .....	31
1.8 Plan Estratégico de la Empresa.....	32
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	33
2.1 Bases Teóricas .....	33
2.2 Gestión de Producción con Lean Construction .....	35
2.3 Gestión de Calidad con Lean Construction .....	38
2.4 Herramientas y Formatos .....	40

2.5	Indicador de Productividad.....	44
2.6	Limitaciones en Obra .....	45
2.7	Glosario de Términos .....	47
CAPÍTULO III.DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....		49
3.1	Inicio de la Experiencia Profesional .....	49
3.2	Descripción del Proyecto e Involucrados .....	49
3.3	Riesgos del Proyecto .....	51
3.4	Funciones en el Proyecto.....	53
3.5	Desarrollo de la Experiencia Profesional .....	53
3.6	Estrategia del Proyecto de Construcción.....	61
3.7	Planificación Maestra.....	62
3.8	LookAhead Planning.....	62
3.9	Programación Semanal.....	64
3.10	Análisis de Restricciones.....	66
3.11	Curva de Productividad .....	67
3.12	Carta Balance .....	70
3.13	Diagnóstico de la situación encontrada antes de la Intervención .....	79
3.14	Toma de Decisiones de acuerdo al Diagnóstico .....	80
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....		81
4.1	Resultado 1:Optimización de Mano de Obra en Tratamiento de Rozas .....	81
4.2	Resultado 2:Reducción de Pérdidas en Tratamiento de Fisuras y Grietas .....	84

4.3 Resultado 3:Reducción en el Costo y Tiempo de Entrega de las Actividades de Tratamiento de Rozas, Fisuras y Grietas.....	86
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
5.1 Conclusiones basadas en los resultados .....	87
5.2 Conclusiones basadas en la Experiencia Profesional.....	88
5.3 Recomendaciones basadas en los resultados .....	88
5.4 Recomendaciones basadas en la experiencia profesional .....	89
REFERENCIAS.....	90

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Evolución histórica anual de tráfico e ingresos .....	25
Tabla 2 Desperdicios de la producción. ....	33
Tabla 3 Responsables de cada área. ....	51
Tabla 4 Metrado por actividad.....	54
Tabla 5 Metrado de tratamiento de rozas por progresiva.....	56
Tabla 6 Metrado de tratamiento de fisuras y grietas por balizas .....	58
Tabla 7 Tipos de restricciones .....	66
Tabla 8 Metrado ejecutado y programado en el tratamiento de rozas .....	67
Tabla 9 Metrado ejecutado y programado en el tratamiento de fisuras y grietas.....	69
Tabla 10 Carta balance 1 en la actividad de tratamiento de rozas .....	73
Tabla 11 Relación de los TP, TC, TNC en la actividad de tratamiento de fisuras y grietas ...	75
Tabla 12 Carta balance 2 en la actividad de tratamiento de fisuras y grietas.....	76
Tabla 13 Segunda medición en la actividad de tratamiento de rozas .....	81
Tabla 14 Metrado ejecutado y programado en el tratamiento de fisuras grietas .....	84
Tabla 15 Porcentaje acumulado en la segunda semana de la actividad de tratamiento de fisuras .....	85
Tabla 16 Segunda semana en la actividad de tratamiento de rozas .....	86
Tabla 17 Segunda semana en la actividad de tratamiento de fisuras y grietas .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 PBI Sector Económico 2019	12
Figura 2. Desagregado del Sector Transporte durante el año 2019	13
Figura 3 Ubicación de Senvial Señales Viales SAC	13
Figura 4 Organigrama de la Empresa Senvial Señales Viales SAC	16
Figura 5 Organigrama de las Operaciones en Obra	17
Figura 6 Capacitación Virtual 3M	18
Figura 7 Empresas Homologadoras	18
Figura 8 Aplicación de Sello en Caliente en Pista de Aterrizaje	19
Figura 9 Restitución de Señalización Horizontal	19
Figura 10. Vista panorámica de las actividades en las PEA'S del AIJCH	20
Figura 11 Aplicación de Slurry en estacionamiento, Boulevard de Asia	20
Figura 12 Instalación de señaléticas, Jockey Plaza Javier Prado	21
Figura 13. Pintado de Señalización Horizontal – Jockey Plaza Javier Prado	21
Figura 14 Falla de un pavimento flexible causada por un mal diseño.	22
Figura 15 Parchado con mezcla asfáltica en caliente en la Pista de Aterrizaje del AIRB	25
Figura 16. Árbol del Problema (Causas y Pronóstico)	27
Figura 17 Comparación del Sistema Tradicional y Enfoque LEAN	34
Figura 18 Esquema conceptual del estudio de rendimientos de la productividad en obra	36
Figura 19 Principales relaciones de la Productividad en Obra	37
Figura 20 Esquema de mejoramiento de la productividad	38
Figura 21 Ejemplo de Servicio de Productividad y Gestión	41
Figura 22 Fases de Planificación de la Metodología LPS	41
Figura 23 Primera Carta Balance de Moldaje de Losas en 5 cuadrillas de Serpell	44

Figura 24. Curva de Productividad en vaceado de columnas	45
Figura 25. Diagrama Gantt de Actividades del proyecto	54
Figura 26 Actividad: Limpieza manual de Rozas	57
Figura 27 Actividad: Acabado del sello en frío en Rozas	57
Figura 28. Actividad: Cortede fisuras y grietas conequipo	59
Figura 29. Actividad: Limpieza general de la zona trabajada con la cortadora	59
Figura 30. Actividad: Aplicación del sello en frío, tipo banda	60
Figura 31. Actividad: Aplicación de sello en caliente, tipo reservorio	61
Figura 32. LookAhead Planning Proyecto de Recuperación de Pavimento en AIJCH	63
Figura 33. Plan Semanal del Proyecto de Recuperación del Nivel de Pavimento en el AIJCH	65
Figura 34. Gráfico comparativo de lo programado y ejecutado diario en la actividad de tratamiento de rozas	68
Figura 35. Gráfico comparativo del metrado programado y ejecutado en la actividad de tratamiento de rozas	68
Figura 36. Gráfico comparativo de lo programado y ejecutado diario en la actividad de tratamiento de fisuras y grietas	69
Figura 37. Gráfico comparativo del metrado programado y ejecutado en la actividad de tratamiento de fisuras y grietas	70
Figura 38. Registro de datos del personal a realizar sellado en frío en fisuras	71
Figura 39. Registro de datos del personal a realizar sellado en frío en fisuras	74
Figura 40. Productividad en la actividad de sellado en frío en el tratamiento de rozas	77
Figura 41. Desagregado de los trabajos productivos de la actividad de tratamiento de rozas	77
Figura 42. Desagregado de los trabajos contributivos de la actividad de tratamiento de rozas	78

Figura 43 .Desagregado de los trabajos no contributivos de la actividad de tratamiento de rozas	78
Figura 44. Productividad en la actividad de sellado en frío en el tratamiento de rozas	82
Figura 45. Porcentaje de ocupación de cada obrero en la actividad de tratamiento de rozas	82
Figura 46. Desagregado de actividades por cada trabajador en tratamiento de rozas	83
Figura 47 .Gráfico comparativo de lo programado y ejecutado diario en la actividad de tratamiento de fisuras y grietas	84
Figura 48. Gráfico comparativo de lo programado y ejecutado acumulado en la actividad de tratamiento de fisuras y grietas	85

## RESUMEN EJECUTIVO

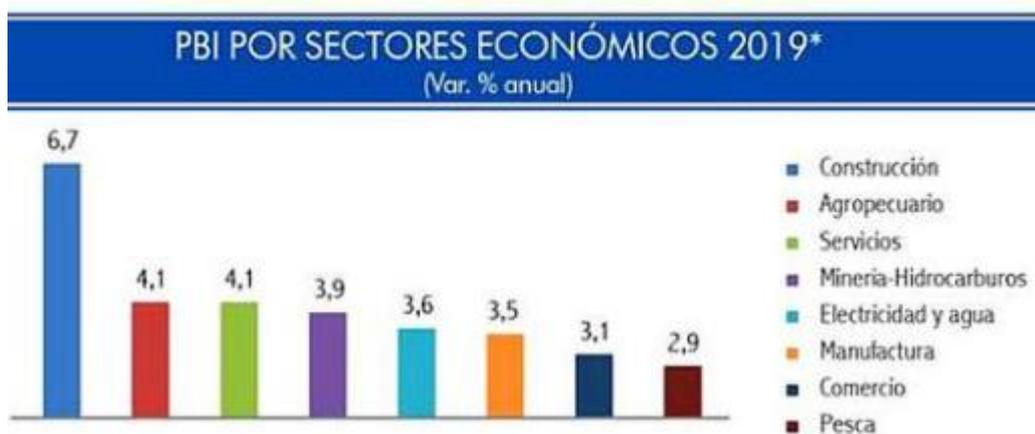
El presente trabajo de suficiencia profesional se desarrolló en la empresa Senvial Señales Viales S.A.C en el proyecto de Recuperación del Nivel de Pavimento en la Pista de Aterrizaje del AIJCH, aplicando herramientas de la filosofía Lean Construction en las actividades de tratamiento de rozas, fisuras y grietas. Se recopilarán datos de la productividad actual y se realizará un diagnóstico general para la toma de decisiones. Luego de ejecutar lo proyectado; utilizando las herramientas Lean Construction, obtendremos los resultados de, mejora en la productividad de los trabajadores de cada cuadrilla, reducción de pérdidas en la actividad de tratamiento de fisuras y grietas, y reducción de costos y tiempo de entrega de las actividades realizadas.

Finalmente se analiza el desarrollo del proyecto para poder presentar las conclusiones y recomendaciones de mejora y retroalimentación que pueden ser aplicadas por la empresa, en la ejecución de próximos proyectos aplicando la metodología y herramientas del Lean Construction.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Respecto a la Empresa

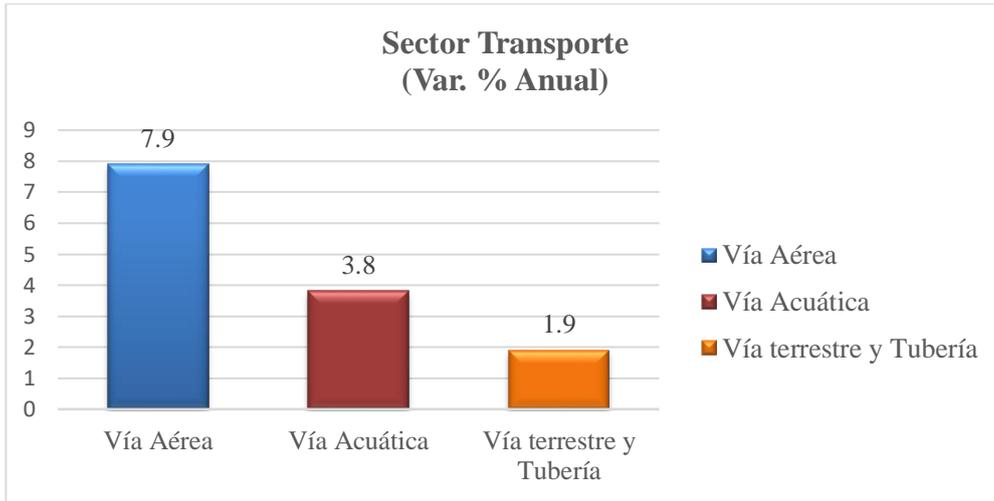
El sector construcción viene creciendo de forma significativa en nuestro país. Según (Terrel, 2020) en su artículo publicado en la revista Perú Construye, señala que el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) informó que en el año 2019, el sector construcción creció al 6.7% y acumuló más de dos décadas de resultados anuales positivos. En la Figura 1, se puede observar la comparación del sector construcción con otros sectores en crecimiento como el sector agropecuario y minero.



**Figura 1** PBI Sector Económico 2019

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

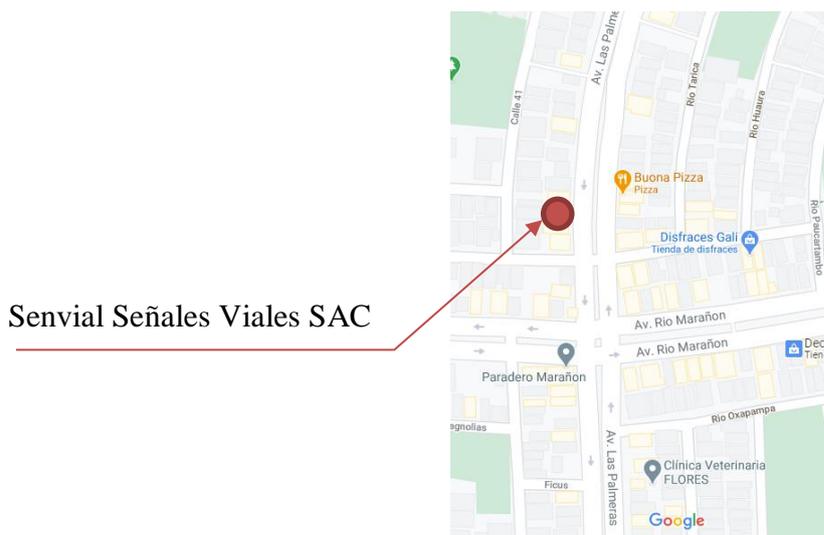
Por otro lado, Terrel señala que, en diciembre del 2019 la producción del sector Transporte se incrementó en 2.78% anual. En la Figura 2, se puede observar el desagregado del sector transporte que se divide en los subsectores por vía aérea, acuática y terrestre.



**Figura 2.** Desagregado del Sector Transporte durante el año 2019

Fuente: Adaptado de la Revista Perú Construye (2020)

Dentro de esa línea incursiona la Empresa Senvial Señales Viales, constituida el 07 de noviembre del 2014 por los Sres. Joel Flores Loayza y William Chamorro Campos, con domicilio fiscal en Av. Las Palmeras 5469 distrito Los Olivos, provincia de Lima, región Lima. Senvial es de tipo contribuyente Sociedad Anónima Cerrada, inscrita el 28 de noviembre del 2014 en la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT), con número de RUC 20566437024 y registrada en la Superintendencia de Registros Públicos (SUNARP), con partida electrónica N° 13335404.



**Figura 3** Ubicación de Senvial Señales Viales SAC

Fuente: Google Maps

La empresa se especializa en trabajos de mantenimiento y construcción de carreteras, movimiento de tierra, estudio de suelos, señalización de infraestructura pública y privada y alquiler de maquinaria pesada para la construcción, cuya finalidad es brindar un servicio de calidad según los estándares requeridos por el cliente e incentivar el desarrollo de nuestro país en seguridad vial, mediante nuestros productos y servicios.

Por otro lado, la estructura orgánica, de acuerdo a (Martínez, 2012), se define como la estructura organizacional que agrupa a las actividades según la especialización de las funciones y asegura que la organización orgánica adquiere una estructura adaptiva, con la finalidad de permitir variaciones de acuerdo a la exigencia del trabajo.

Respecto al Clima Organizacional, la mayor fortaleza es la comunicación directa entre los líderes y los responsables de los proyectos a ejecutar. Según (Chiavenato, 2011), define al clima organizacional como las cualidades, propiedades y características del ambiente laboral en una organización, que son percibidas o experimentadas por los miembros y que además tienen influencia directa en los comportamientos de los trabajadores.

## **1.2 Respecto a las Operaciones en la Empresa**

Las funciones generales y específicas se basan en el Decreto Supremo N° 005-2012-TR, Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, en donde detallan que los empleadores con veinte o más trabajadores deben elaborar el Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo (RISST), el cual debe tener una estructura mínima en donde indique los objetivos, compromisos, políticas de seguridad y salud; así también, las atribuciones y obligaciones de los trabajadores. A continuación, se establece las funciones por puesto de trabajo en base a la estructura de la organización.

*Gerente General:* Ejercer la administración integral de la empresa, en lo que corresponde a las actividades técnicas, operativas, comerciales, administrativas, económicas y financieras, así como resolver los asuntos que requieran su intervención, de acuerdo a las facultades

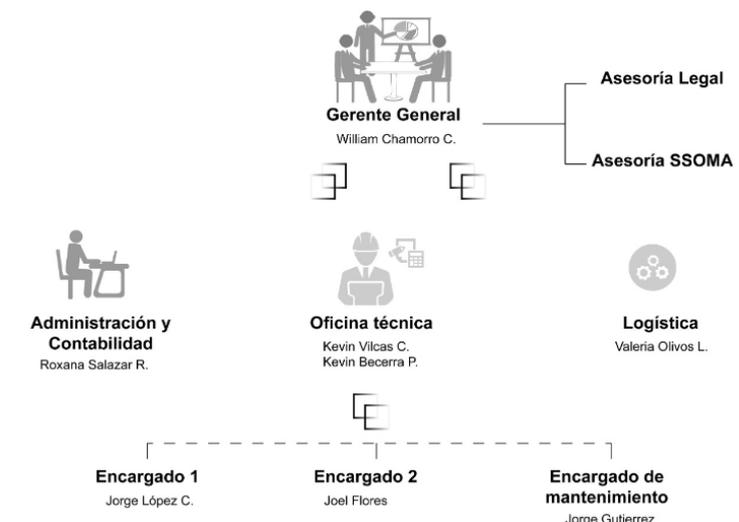
delegadas por la Junta General de Socios, para el logro de las metas y objetivos de la empresa.

*Administración y Contabilidad:* Se encargará de proporcionar de forma clara, rápida y sobre todo confiable, los reportes en términos financieros sobre la situación de la empresa. Estos reportes son conocidos como estados financieros (Estado de situación financiera y Estado de Resultados). También se encarga de elaborar y registrar toda la información directiva relacionada al personal de la empresa.

*Asistente de Logística:* Ejercer la administración logística de la empresa, en lo que corresponde a las actividades de coordinación y operativas, así como resolver los asuntos que requieran su intervención, de acuerdo a las facultades delegadas, para cumplir los objetivos de la empresa.

*Jefe de Oficina Técnica:* Es el encargado del proceso de contratación, planeamiento, programación, control de la ejecución y supervisión de los proyectos que realice la empresa; además, contribuye con los procesos de adquisición y subcontratación de bienes o servicios que necesiten de su asistencia técnica.

*Asesor Legal:* Persona encargada de estudiar, analizar, comprender y proponer soluciones a problemas jurídicos dentro de la empresa. También se encarga del asesoramiento e intermediación en todo tipo de operaciones inmobiliarias, compraventas y/o arrendamientos de pisos, locales, con la preparación de los contratos y documentos jurídicos necesarios.



**Figura 4** Organigrama de la Empresa Senvial Señales Viales SAC

Fuente: Empresa Senvial Señales Viales SAC

*Gerente de Proyecto:* Se encarga de la elaboración, seguimiento y control de gestión de construcción, en coordinación con el Residente de Obra. Es el responsable de la gestión de cambios del proyecto (alcance, tiempo, costo, calidad), y aprobar los requerimientos del personal, materiales, equipos y herramientas solicitados por los responsables en campo. El Gerente de Proyectos participa de las reuniones semanales de coordinación con el cliente y los responsables en campo, periódicamente realiza visitas a la obra.

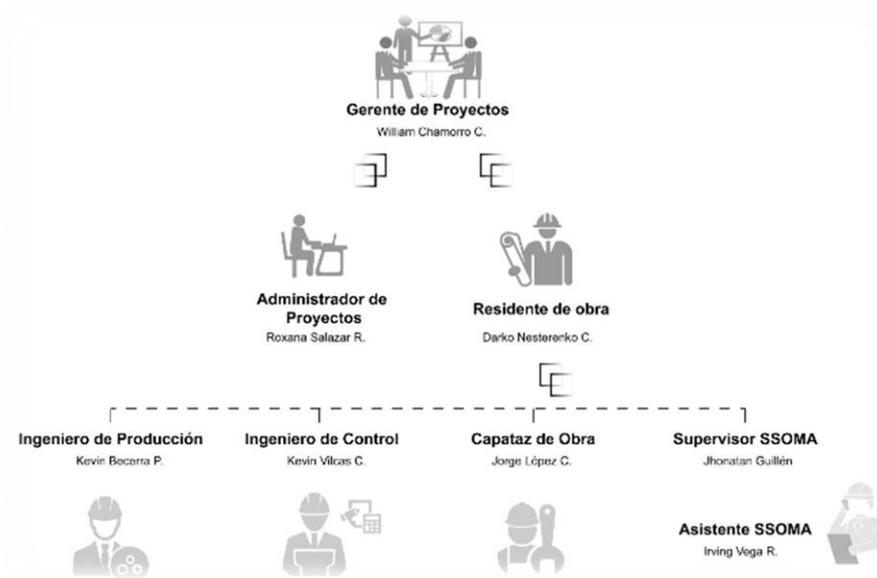
*Residente de Obra:* Es el principal responsable en la ejecución de las obras civiles del Proyecto, asegura el cumplimiento de la obra en el plazo, presupuesto y calidad, también es el responsable de identificar los cambios potenciales en obra y comunicarlo al Gerente de Proyecto oportunamente.

*Ingeniero de Producción:* Se encarga de planificar con el Ingeniero de Control de Proyectos y el Residente de Obra el trabajo que se llevará a cabo y solicitar oportunamente los recursos necesarios para el cumplimiento del cronograma de obra. Se responsabiliza del avance real de la obra en coordinación con el Residente.

*Ingeniero de Control de Proyectos:* Se encarga de planificar y controlar el progreso del Proyecto en relación con lo dispuesto en el cronograma meta, además desarrolla métodos para el control de plazos, recursos humanos, riesgos, calidad, etc. También proporciona en forma proactiva la información necesaria para la toma de decisiones relativa a los costos u otro aspecto que impacte el resultado del Proyecto.

*Supervisor de Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente (SSOMA):* Según la ISO 14001, define al Supervisor SSOMA como el profesional responsable en la prevención y control de los riesgos en Obra. Así también, es el responsable de la gestión de seguridad, salud ocupacional y protección del medio ambiente del proyecto, asegurando el cumplimiento de la normatividad peruana vigente en materia de SSOMA.

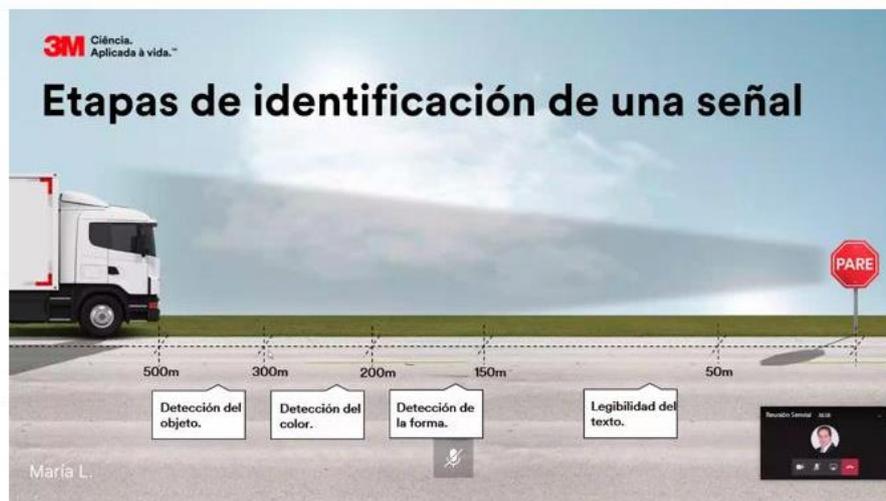
*Administrador de Obra:* Responsable de realizar las adquisiciones de materiales, equipos o herramientas para la obra y suministrarlas a fin de no generar atrasos en el avance del Proyecto, además se encarga del reclutamiento del personal obrero, de los trámites y facilidades de ingreso al personal, elaboración de planillas del personal de obra, así como también la entrega de boletas de pago.



**Figura 5** Organigrama de las Operaciones en Obra  
Fuente: Empresa Senvial Señales Viales SAC

### 1.3 Certificaciones

En Senvial los colaboradores tanto de oficina técnica como ingenieros y responsables de campo se capacitan constantemente en charlas de empresas como 3M, RPROYECTOS y Sika AG. También contamos con una variedad de maquinarias de la empresa GRACO, entre ellas las máquinas granalladoras de autopropulsado y las LineLazer 5900 con personal certificado por dicha empresa.



**Figura 6** Capacitación Virtual 3M

Fuente: Propia

La empresa Senvial también cuenta con 2 homologaciones, la primera es en BUREAU VERITAS que certifica que está en la capacidad de realizar Obras Civiles y Mantenimiento de Infraestructuras Viales y la segunda es en AENOR, una certificación de verificación SSOMA, ambas están vigentes hasta el 2021.



**Figura 7** Empresas Homologadoras

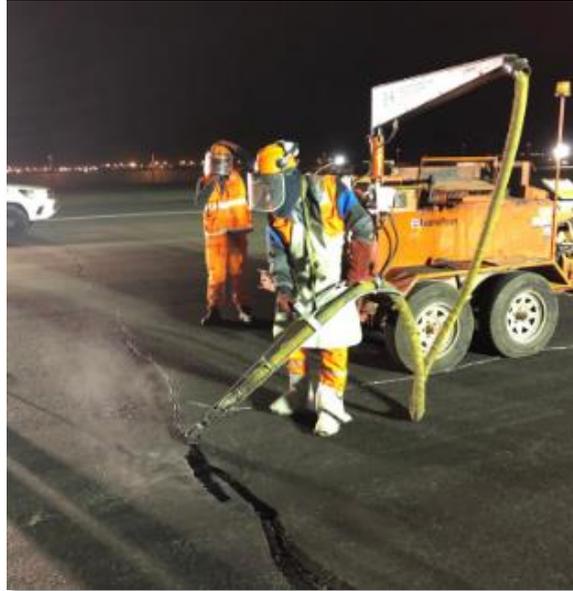
Fuente: Propia

## 1.4 Principales Clientes

**LAP (Lima Airport Partners S.R.L.)**

Tratamiento de Juntas, Fisuras y Grietas

Restitución de Señalización Horizontal



**Figura 8** Aplicación de Sello en Caliente en Pista de Aterrizaje

Fuente: Empresa Senvial Señales Viales SAC



**Figura 9** Restitución de Señalización Horizontal

Fuente: Empresa Senvial Señales Viales SAC



**Figura 10.** Vista panorámica de las actividades en las PEA'S del AIJCH

Fuente: Empresa Senvial Señales Viales SAC

## **Jockey Plaza Shopping Center**

Mantenimiento de Pavimento en los Estacionamientos

Instalación de Señalización Vertical y Horizontal



**Figura 11** Aplicación de Slurry en estacionamiento, Boulevard de Asia

Fuente: Empresa Senvial Señales Viales SAC



**Figura 12** Instalación de señaléticas, Jockey Plaza Javier Prado

Fuente: Empresa Senvial Señales Viales SAC



**Figura 13.** Pintado de Señalización Horizontal – Jockey Plaza Javier Prado

Fuente: Empresa Senvial Señales Viales SAC

## 1.5 Realidad Problemática

### 1.5.1 Contexto del problema abordado

A nivel mundial, los fallos en los pavimentos de las pistas de aterrizaje se hacen más cotidianos, por causa de la falta de mantenimiento o por la deficiencia en el desarrollo de la construcción, tal como lo explica (Galidez, 2020), donde define al pavimento, como una estructura conformada por una faja de materiales pétreos y cementantes que proporciona una cubierta de rodamiento acerada, perenne, tersa y duradera, que soporta y distribuye la carga global de la aeronave, al igual que soporta el volumen del tráfico, su aglutinamiento en ciertas zonas y los avíos nocivos de las condiciones climáticas. Estructuralmente el pavimento está constituido por dos grandes capas, la subestructura formada por el terraplén y la subrasante, y la superestructura que, según la categoría, hacen un pavimento rígido o flexible que se soporta en la capa subrasante.



**Figura 14** Falla de un pavimento flexible causada por un mal diseño.

Fuente: Revista Mexicana de la Construcción (Aeropuerto Internacional Benito Juárez 2019)

De acuerdo a Lima Airport Partners (LAP, 2020), en su Plan de Negocios del año 2019 indica que es la empresa concesionaria del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez,

responsable de su operación, mantenimiento y ampliación. LAP viene desarrollando estudios de ingeniería para la ampliación del Aeropuerto, como elementos más relevantes, la construcción de un nuevo terminal aéreo y una segunda pista de aterrizaje. Hasta que la nueva infraestructura se encuentre lista, LAP viene realizando evaluaciones de pavimento en el área de movimiento, con la finalidad de conservar/mejorar el nivel de servicio de los pavimentos.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) define como el principal problema en la pista de aterrizaje, calle de rodaje y plataforma, a las grietas, fisuras y juntas que existe en todo el tramo pavimentado, teniendo como causa principal el tránsito de cargas móviles. Para ello, se ejecutará el proyecto de Tratamiento de fisuras, grietas y juntas en la zona pavimentada en Pista de Aterrizaje, Calles de Rodaje y Plataforma, que consiste en reemplazar el sello deteriorado en juntas existentes, reemplazar el sello en rozas en mal estado del sistema de iluminación del eje de Pista de Aterrizaje y aplicar el sello en caliente en grietas que se encuentran en mal estado.

### **1.5.2 El problema a nivel internacional**

De acuerdo a la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional (2014) en todos los proyectos en que se involucre la presencia de pavimentos, es necesario tener un estricto control de parámetros: la condición estructural, condición funcional, resistencia superficial y condición superficial del pavimento, las obras de drenaje. Estos parámetros permiten tener un diagnóstico objetivo del estado en el que se encuentra el pavimento y definir así las posibles técnicas de mantenimiento y preservación que brinden una mejora a la vida útil del proyecto reducido costos de mantenimiento y posibles accidentes provocados por defectos sobre el pavimento.

Según el Instituto Tecnológico de la Construcción (ITC, 2016) en el sitio web VISE de México señala que el motivo principal del mantenimiento en un aeropuerto es el

preservar la seguridad de operaciones en el rodaje, despegue y aterrizaje de las aeronaves.

Este nivel de seguridad se alcanza mediante el mantenimiento adecuado de las instalaciones del aeropuerto, esta necesidad surge de mantener o conservar un óptimo funcionamiento operacional.

### **1.5.3 El problema a nivel nacional**

Según lo señalado por la revista electrónica (AeroLatinNews, 2019, pág.1), en su artículo denominado “Industria Aeronáutica”, las pistas de aterrizaje de los Aeropuertos Internacionales Coronel FAP Carlos Ciriani Santa Rosa y Alfredo Rodríguez Ballón presentan rajaduras prematuras que ponen en riesgo las operaciones de los vuelos que aterrizan y despegan de estas regiones. Así mismo, detalla que estos dos aeropuertos internacionales son operados por el consorcio Aeropuertos Andinos del Perú (AAP); que, a su vez son los responsables de las deficiencias que presentan las pistas de aterrizaje.

Por ello, el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC, 2018) a través de la resolución directoral N°005-2011-MTC/12.08, ordena que se vuelva a pavimentar la pista de aterrizaje para que el terminal aéreo cuente con la autorización de funcionamiento necesaria para su correcta operación, de esta manera, se asegura el cumplimiento de las condiciones de operatividad mínima que requiere el aeropuerto, la cual es permanentemente vigilada por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).



**Figura 15** Parchado con mezcla asfáltica en caliente en la Pista de Aterrizaje del AIRB

Fuente: OSITRAN Perú 2019

De acuerdo al Plan de Negocios de Aeropuertos Andinos del Perú (AAP, 2019), indica que en los último tres años ha incrementado la evolución histórica de tráfico e ingresos aeroportuarios. Los indicadores que se evalúan para identificar el crecimiento aeroportuario son los movimientos de pasajeros, operaciones y cargas.

En el siguiente cuadro se puede observar que en el año 2018 aumentó en un 9.95% el movimiento de pasajeros, el movimiento de operaciones aumentó en un 8.60% y el movimiento de cargas TM disminuyó en un 2.60%.

Tabla1  
*Evolución histórica anual de tráfico e ingresos*

<b>Indicadores</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Pasajeros	2,736 572	2,996 055	3,102 248	3,444 913
Operaciones	29,435	29,583	28,949	31,672
Carga TM	5,236	4,979	4,997	4,867

Fuente: Aeropuertos Andinos del Perú (AAP, 2019)

#### 1.5.4 El problema a nivel local

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016, pág.86), en su Manual de Conservación Vial, asegura que los desperfectos superficiales se generan por una deficiencia en el proceso constructivo del pavimento, ya sea por un defecto de calidad de algún producto o por una condición de crecimiento de tráfico. Además, pueden resultar de la evolución de deterioros o fallas estructurales.

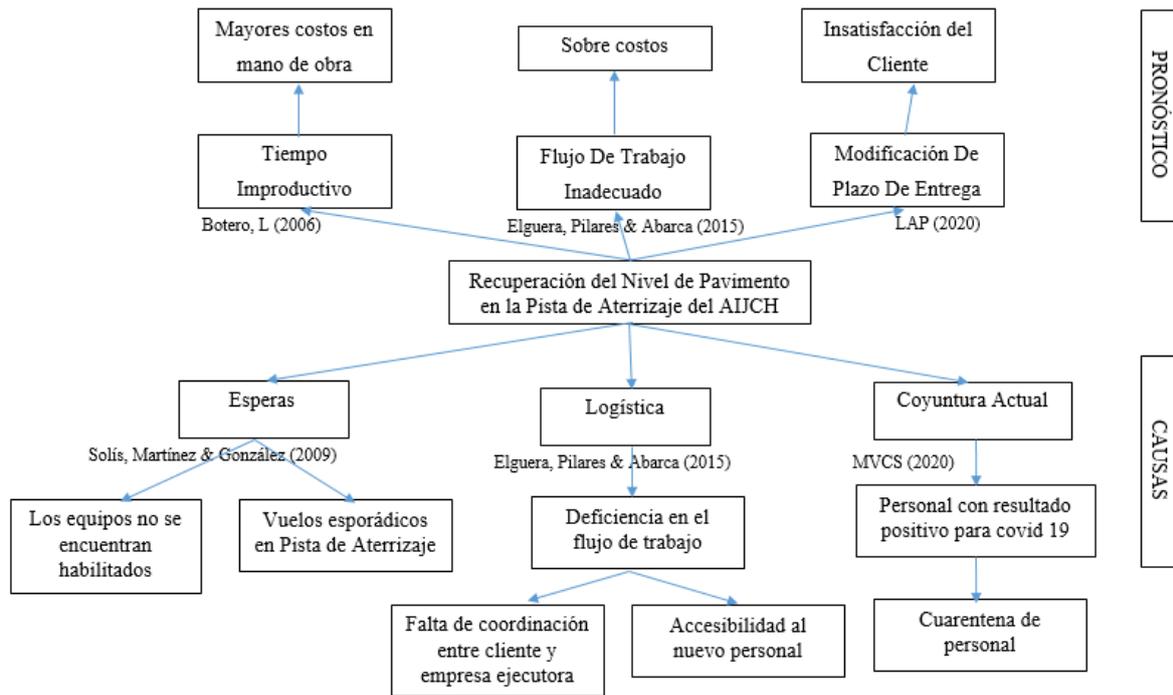
Se distinguen:

- Los desprendimientos
- Los bacheos (huecos)
- Las fisuras transversales
- La exudación

Según el artículo publicado en (CORPAC, 2011), indica que durante el 2010, América Latina fue unos de los territorios con mayor crecimiento a nivel mundial en tráfico de pasajeros. De esta manera, el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (AIJCH) continuó creciendo, no sólo en pasajeros (+17.0%); sino también, en aeronaves comerciales (+14.8%) y carga (+17.0%), es decir que anualmente viene creciendo de manera notoria el porcentaje de cargas de aeronaves y ello trae como consecuencia el desgaste de la pavimentación en la pista de aterrizaje y Estacionamiento de Aeronaves (PEA's).

### 1.6 Análisis de Causas y Pronóstico del Problema Abordado

Para realizar el análisis de causas y pronósticos del problema identificado, se usó como técnica el árbol de problemas, que consiste es relacionar cada componente negativa, la cual se intenta solucionar con la experiencia profesional.



**Figura 16.** Árbol del Problema (Causas y Pronóstico)

Fuente: Propia

Según la Figura 16, el problema principal a solucionar es la recuperación del Nivel de Pavimento en la Pista de Aterrizaje en el AIJCH. Las causas directas que afectan esta actividad son las Esperas en Obra, Coyuntura Actual y Problemas en Logística.

#### 1.6.1 Respecto al inadecuado control de esperas en obra

Respecto a la causa producida por la gestión de esperas en obra, los aplazamientos pueden generar costos adicionales que no se tomaron en cuenta en el anteproyecto, de acuerdo a (Solis, Martinez, & González, 2009), sostienen que los retrasos en los proyectos de construcción provocan pérdidas tanto al ente contratante como al contratista y, además, suelen trasladar estas disputas a contextos legales. También señalan que las

demoras se dan mayormente por que los administradores no invierten la capital ni el tiempo necesario en realizar una programación que realmente se vea reflejada una lógica de ejecución de proyecto.

Las esperas en el proyecto de Recuperación del Nivel de Pavimento en la Pista de Aterrizaje son originadas en primer lugar por los vuelos esporádicos realizados por las operaciones del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez. Lima Airport Partners (LAP, 2020), en el Decreto Supremo 004-2020-PCM, declara el cierre total de las fronteras a vuelos internacionales y nacionales desde el 16 de marzo del 2020, asegura también que; a causa de la coyuntura actual, están realizando vuelos de emergencia y de ayuda humanitaria aprobados por las autoridades del gobierno peruano. Esto afecta directamente al frente en donde se realizan las actividades. Segundo, los equipos que no se encuentran habilitados por problemas de calibración y mantenimiento también retrasan las actividades programadas, ya que por el horario de trabajo no se puede solicitar un mecánico para que ingrese y revise las maquinarias.

Respecto al pronóstico en base a la causa producida, se concluye que, si la situación se mantiene de esta manera, ocasionará tiempos improductivos, no contributorios, mano de obra paralizada y por ende mayores costos en obra. De acuerdo a (Botero, 2006), define a los desperdicios en obra, como actividades que no generan importancia, pero que consumen tiempo, recursos y espacios, generando sobre costos en el proceso de ejecución del proyecto.

Si bien sabemos que los vuelos esporádicos no se pueden controlar por motivos de emergencia y tienen una duración de una hora aproximadamente entre pista de aterrizaje y calles de rodaje, se puede solucionar trasladando al personal hacia otro frente de trabajo para apoyar otras actividades paralelas. Esto se realizará en base a la programación maestra y el plan semanal.

### **1.6.2 Respecto a la inadecuada gestión de logística**

Respecto a la causa producida en la gestión de logística, la deficiencia en el flujo de actividades, puede ocasionar retrasos en la planificación. Según (Elguera, Pilares, & Abarca, 2015), la gestión de logística es el conjunto de actividades administrativas que aportan al desarrollo de los procesos de planificación, ejecución y control del proyecto.

La deficiencia en la gestión de logística es una causa que se origina por la falta de coordinación entre el área de administración de LAP y la empresa contratista, ya que para que ingresen herramientas, equipos, vehículos o nuevo personal se requieren de varias documentaciones. Actualmente, el ingreso de un nuevo personal se requiere de 72 horas hábiles como máximo para coordinar su gestión entre las dos entidades y para el ingreso de equipos y/o vehículos se requiere de un vehículo autorizado (liebre) de la misma empresa contratante (LAP) para que realice el seguimiento hacia los frentes de trabajo.

Se pronostica que, si la situación se mantiene, se presentarán retrasos en el horario de inicio de jornada, la falta de personal para completar las cuadrillas y sobrecostos en las partidas. Esto también afecta al cronograma maestro, ya que por la falta de personal no se pueden ejecutar a tiempo las actividades programadas.

La alternativa de solución que plantea este presente trabajo es de tener personal alternativo que haya pasado por todos los requerimientos previos que solicita la empresa contratante; es decir que, si algún personal no llegue a ingresar, tengamos personal alternativo que reemplace de manera inmediata y no perjudique el avance de obra.

### **1.6.3 Respecto a la inadecuada gestión por la coyuntura actual**

La coyuntura actual es la causa más significativa hoy en día a nivel mundial, ya que por este motivo se han paralizado todas las obras de construcción. En esta obra no ha sido

la excepción, a pesar de haber retomado los trabajos en el actual proyecto, nos hemos visto afectados por las diferentes situaciones y decisiones en base a la pandemia. De acuerdo al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2020), en su Resolución Ministerial 87-2020, aprueba el protocolo sanitario del sector construcción para la reanudación de actividades de manera gradual, frente al coronavirus (Covid-19). La Resolución Ministerial indica que todas las empresas que reinicien sus actividades deben comprometerse a realizar la prueba rápida a todos los trabajadores que se desempeñan de manera presencial en sus labores correspondientes; así mismo, deben cumplir con los lineamientos para evitar la propagación del coronavirus; por ejemplo, presentar el plan de gestión renovado de salud ocupacional, toma de temperatura, alcohol y zona de desinfección a la entrada de la obra, etc.

Las condiciones son muy estrictas, ya que al tener algún contagiado en obra, se tendrá que enviar a cuarentena a toda la cuadrilla que ha estado en contacto con aquel trabajador, esto trae como efecto la suspensión de las actividades que realizaba aquella cuadrilla y, por ende, las consecuencias son los retrasos en el cronograma maestro y sobre costos en alquiler de maquinarias en espera.

La alternativa de solución que plantea este presente trabajo es contratar movilidad personal para recoger y dejar en su domicilio a cada uno de los trabajadores, evitar la aglomeración en las cuadrillas y solo requerir la cantidad de personal exacto para cumplir con las actividades. La optimización de la mano de obra será de vital importancia en este proyecto, ya que tenemos que tener el mismo nivel de rendimiento con menos personal y esto se hará posible con las herramientas del Lean Construction.

Ante la problemática expuesta, se propone la absolución de las siguientes interrogantes:

¿Cómo se optimiza el rendimiento de la mano de obra y el tiempo de entrega de la actividad de Tratamiento de Rozas en la Pista de Aterrizaje del AIJCH, mediante las herramientas Lean Construction?

¿Cómo reducir las pérdidas del material sellador poliuretano mediante las herramientas del Lean Construction en la partida de Tratamiento de fisuras y grietas en la Pista de Aterrizaje de AIJCH?

¿Cómo se aplica la filosofía Lean Construction en el Proyecto de Recuperación del Nivel de Pavimento en la Pista de Aterrizaje del AIJCH, de tal manera que disminuyan los costos y el tiempo de entrega del proyecto?

### **1.7 Respecto a la Experiencia Profesional**

Durante el desarrollo de actividades en el periodo de mayo a julio del 2019, se desarrolló la experiencia profesional, ocupando el cargo de Jefe de Producción en los trabajos del Proyecto de Recuperación del Nivel de Pavimento en la Pista de Aterrizaje del AIJCH. En la experiencia profesional se aplicaron diferentes herramientas de la Filosofía Lean Construction, en donde se busca la optimización de las actividades a realizarse, ya sea en tiempos, costos y calidad. Dicha filosofía consistió en identificar los procedimientos de planificación, ejecución y control del mejoramiento del nivel de pavimentación en la pista de aterrizaje para luego mejorar la productividad, reduciendo las pérdidas, tiempo de ejecución de actividades, mejorando la productividad de la mano de obra. Finalmente, luego de aplicar los lineamientos teóricos y prácticos del Lean Construction, se mostrarán los resultados en base a las herramientas utilizadas, teniendo en consideración las actividades reales del personal obrero como también las distintas actividades paralelas y secuenciales que se realizan en dicho proyecto.

## **1.8 Plan Estratégico de la Empresa**

La compañía Senvial ha planificado como estrategias relevantes el establecimiento de metas, fortalecimiento de liderazgo y reducción de costos. Así mismo, la misión a largo plazo es lograr el reconocimiento como una de las mejores empresas en mantenimiento y construcción de pavimento, promoviendo el desarrollo de la industria, comprometida con el crecimiento de nuestro país.

La visión de la compañía es crecer de forma sólida y transformar constantemente nuestra línea de servicio y producto, así cubrir las necesidades de cada una de las regiones del Perú y el extranjero.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Bases Teóricas

#### 2.1.1 Definición del Lean Construction

La Filosofía Lean Construction tiene como propósito, minimizar las pérdidas en los procesos constructivos; así lo define el (ILC, 2015), como una filosofía que se fundamenta en la dirección de la producción en un proyecto constructivo, teniendo como objetivo primordial, la reducción o eliminación de las actividades que no generen valor al proyecto. Así mismo, se enfoca en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos; es decir, todo lo que no genera valor a las actividades necesarias para completar una unidad productiva. Lean Construction clasifica los residuos de construcción en siete categorías como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2.  
*Desperdicios en la Producción de la Construcción*

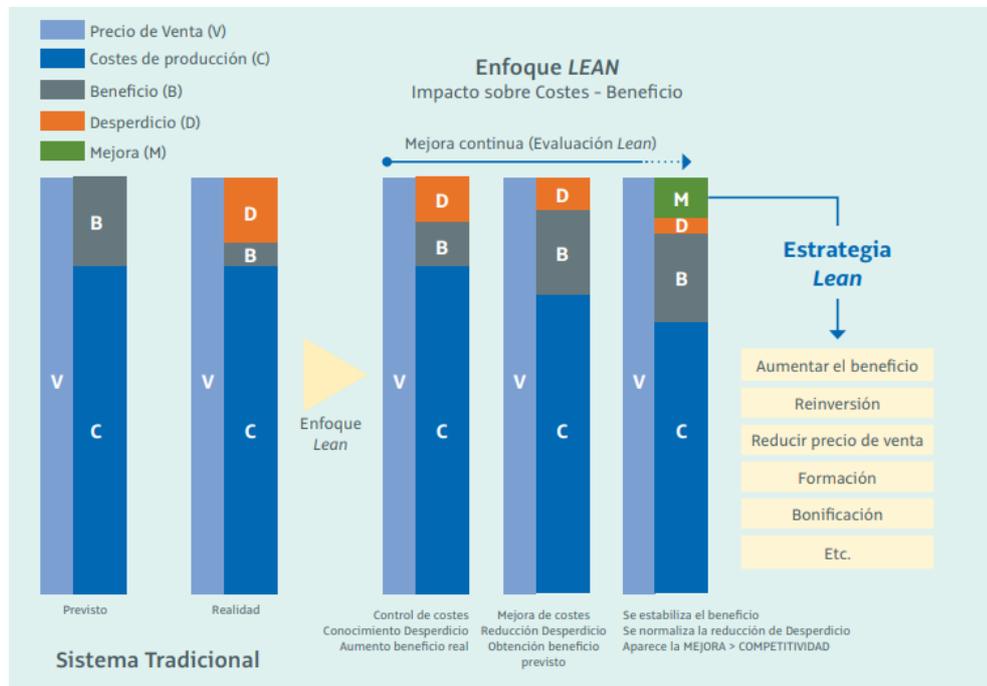
<b>Desperdicios en la Construcción</b>
Defectos
Demoras
Excesos de procesados
Exceso de producción
Inventarios excesivos
Transporte innecesario
Movimiento no útil de personas

Fuente: Analysis of lean construction (2015)

### 2.1.2 Enfoque del Lean Construction

Existe una diferencia entre el enfoque conservador y el actual enfoque Lean, así lo explica (Pons, 2014), en donde explica que, el desperdicio o residuo no ha sido considerado desde un punto de vista económico en el enfoque conservador, y el sistema según un enfoque Lean, considera a todos los involucrados, para aumentar el valor del cliente y minimizar todas aquellas actividades y gestiones que no agreguen valor, teniendo en cuenta los intereses generales y no individuales.

Así mismo, Pons (2014) explica que, según el sistema tradicional, una empresa ejecutora de proyectos, en base a su experiencia, calcula el costo de construcción según ese previo diseño, luego se suman los gastos generales y los costos indirectos. La suma total nos proporciona un costo estimado de producción, al cual se le añade un beneficio. La suma del costo de producción más el beneficio nos da un precio de venta al mercado.



**Figura 17** Comparación del Sistema Tradicional y Enfoque LEAN

Fuente: Introducción a Lean Construction – Juan Felipe Pons 2014

En la Figura 17, se detallan las desigualdades de planteamiento entre el método convencional de dirección de planificación y la filosofía Lean Construction, en donde este último tiene como estrategia aumentar los beneficios y reducir los residuos, controlando los costos del proyecto.

## **2.2 Gestión de Producción con Lean Construction**

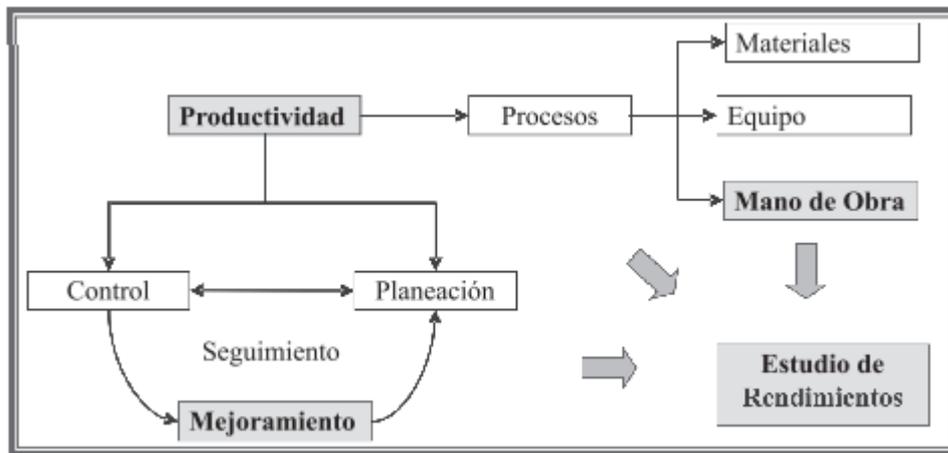
### **2.2.1 Inicios del lean production**

A finales de la década de los 50, se establece la filosofía Lean, como resultado de varios análisis que fueron llevados a cabo por profesionales de la industria automotriz Toyota Motor, representada por la familia Toyoda y Taiichi Ohno, así lo explica (Liker, 2003), en donde expone que, en ese tiempos los ingenieros buscaban mejorar la línea de productividad de entrega de autos; también, eliminar los residuos o desperdicios que ocasionaban improductividad. Luego de los resultados favorables de la empresa Toyota Production System, sus principios de productividad y mejora continua fue investigada por el mercado estadounidense, donde John Krafcik acuña por primera vez el término “Lean” para hacer relacionarlo a los conceptos de eliminación de desperdicios en su artículo “El triunfo del sistema de producción Lean” en 1988. Toyota utilizó el término “Lean Production” para definir al sistema que tiene como objetivo principal, eliminar actividades que no aporten al desarrollo del proceso de producción de una compañía.

El uso al término Lean, lo define como al sistema que utiliza menos recursos como la mitad de esfuerzo humano en la fábrica, la mitad de espacio en la fabricación, la mitad de inversión en herramientas, la mitad de horas de ingeniería para desarrollar un nuevo producto en la mitad de tiempo (Womack & Ross, 2004).

### 2.2.2 Productividad en obra

Un informe realizado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2006), argumenta que en Latinoamérica no ha mejorado la productividad laboral significativamente, a pesar del crecimiento económico mostrado en la última década. El sector construcción no es ajeno a esta condición de la productividad, ya que la (OIT, 2006); señala que, las deficiencias se evidencian por los incumplimientos de los plazos de tiempos y metas de costos establecidos. El no tener un plan de trabajo o procedimientos efectivos, genera falencias en la gestión de producción de proyectos constructivos.



**Figura 18** Esquema conceptual del estudio de rendimientos de la productividad en obra

Fuente: Seguimiento de la Productividad en Obra, 2007

La productividad en obra se basa en los procesos y recursos de materiales, equipos y mano de obra. Así lo definen en la Revista de la Facultad de Ingeniería Mecánica (FIM, 2007), de la Universidad Industrial de Santander; que sustenta que, “la productividad es percibida como la estrategia de gestión en las obras, ya que relaciona diversos factores claves que inciden directamente sobre el desempeño de los procesos, como la calidad, seguridad, costo, tiempo y control”.



**Figura 19** Principales relaciones de la Productividad en Obra

Fuente: Revista de la Facultad de Ingeniería Mecánica – UIS (FIM, 2007)

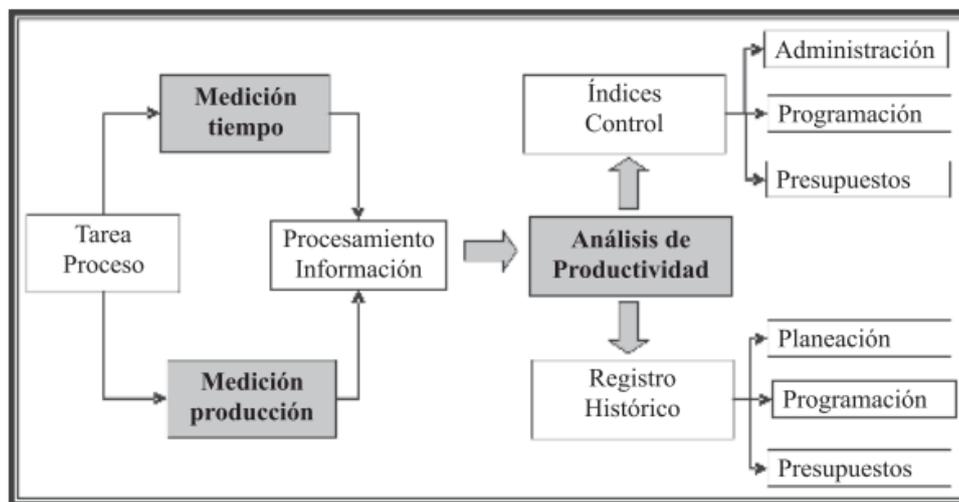
(Serpell & Ferrada, 2009) sustentan que, la productividad puede comprenderse como un indicador de validez en un sistema o proceso constructivo, donde se relaciona la eficiencia y la eficacia dentro de un sistema sinérgico. La eficacia interpretada como la cuantificación de un producto y la eficiencia formulada como el aprovechamiento de los recursos empleados. De esta manera, se logra obtener el producto expresado al menor costo posible.

$$Productividad = \frac{producto}{recursos}$$

En base a los conceptos de la productividad en obra, podemos decir que la mano de obra es un recurso de vital importante en un proyecto. De acuerdo a (Mercado & Diaz, 2005), señalan que la mano de obra es un medio eficaz que se requiere en un proceso constructivo y que, determina el tiempo de duración del mismo. La productividad de la mano de obra, indica la cantidad de obra ejecutada por un hombre o una cuadrilla claramente definida, en un periodo de tiempo.

### 2.2.3 Optimización de la Productividad

Para mejorar las funciones en los procesos de la productividad es necesario poner en práctica algunas estrategias, tal como lo menciona (Botero, 2006), donde sustenta que para mejorar los procesos, se deben identificar y definir las tareas y actividades (efectividad), aprovechar el recurso de la mano de obra y materiales (eficiencia), mejorar la calidad del flujo, procurando que su resultado agregue valor (eficacia) y establecer óptimas condiciones laborales, para asegurar el desarrollo de actividades.



**Figura 20** Esquema del procedimiento de la productividad

Fuente: Seguimiento de la Productividad en Obra, 2007

### 2.3 Gestión de Calidad con Lean Construction

La deficiencia en el control de proyecto de construcción, se refleja en las pérdidas de tiempo y dinero; es por eso que, la nueva ISO 9001:2005 define a esta gestión de calidad como el modelo de trabajo que persigue la mejora continua dentro de una organización. A este modelo se le conoce como el círculo de Deming o ciclo PDCA, que se compone de cuatro pasos que se suceden consecutiva y repetidamente.

### **2.3.1 Planificar**

La norma ISO 9001:2015 indica que la planificación de un proyecto debe determinar los riesgos y oportunidades; es decir debe abordar las opciones para afrontar los riesgos, evitarlos como asumirlos para perseguir una oportunidad, cambiar la probabilidad o las consecuencias, compartir el riesgo mediante decisiones informadas. Las oportunidades pueden llevarnos a nuevas prácticas, a nuevos clientes o a nuevos mercados, estableciendo asociaciones viables para abordar las necesidades de la organización.

### **2.3.2 Hacer**

Esta es la etapa en donde se pone en marcha el plan definido anteriormente; es así como en la Norma ISO 9001:2015, señala que la empresa tiene que establecer, implantar y mantener el proceso de diseño y desarrollo que sea el adecuado para asegurarse de que se cumpla la provisión de productos y servicios.

### **2.3.3 Verificar**

Luego de un tiempo predeterminado, hay que recoger y analizar datos de control para comprobar que se han cumplido las condiciones iniciales; tras ello la Norma ISO 9001:2015, sustenta que la empresa contratista debe establecer un seguimiento y una medición que analicen y evalúen los resultados válidos. De igual manera la empresa tiene que realizar el seguimiento de las percepciones de los clientes del grado en el que se cumplen todas las necesidades y las expectativas.

En conclusión, la organización decide lo que debe evaluar para determinar la eficacia del Sistema de Gestión de Calidad. De la misma forma, se tiene que asegurar la satisfacción del cliente y la eficiencia de los procesos y las operaciones.

### **2.3.4 Actuar**

Según los resultados y conclusiones obtenidas en los pasos anteriores se tendrá que tomar o proponer unas nuevas decisiones. Para ello, la Norma ISO 9001:2015, sostiene

que la empresa contratista tendrá que determinar y seleccionar todas las oportunidades de mejora, se implementan todas las acciones necesarias para realizar los requisitos del cliente e incrementar la satisfacción. Las organizaciones deben tomar iniciativas para realizar proyectos de mejora que tienden a fortalecer el Sistema de Gestión de la Calidad.

## 2.4 Herramientas y Formatos

Según (Serpell & Ferrada, 2009) menciona que la productividad es “una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plano establecido y con un estándar de calidad dado”.

También se puede definir como la optimización de recursos y actividades de una empresa para la ejecución de un proyecto, ya que el objetivo principal es generar utilidades respetando los lineamientos y trabajos de calidad respecto al contrato con la empresa contratante.

Según (Serpell & Ferrada, 2009), clasifica a la productividad en tres tipos de trabajos, los cuales son los siguientes:

### 2.4.1 Productividad en Obra

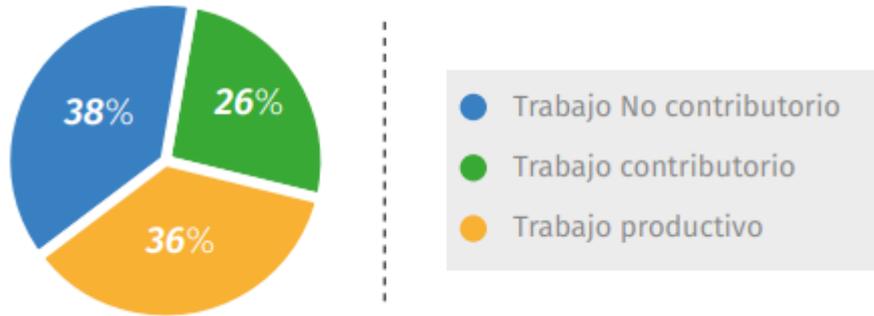
**Trabajo Productivo (TP):** Comprende a todas las actividades que aportan de forma directa a la producción de alguna unidad o partida de construcción. Ejemplos: Vaceado de concreto, pintado de paredes, excavaciones, etc.

**Trabajo Contributorio (TC):** Comprende a todas las actividades necesarias para poder ejecutar el Trabajo Productivo, pero que no aporta directamente a la unidad o partida de ejecución. Este trabajo es considerado una pérdida de segunda categoría y lo ideal es minimizar estas actividades para optimizar la productividad de la obra.

Ejemplos: Traslado de materiales, dirigir personal, lectura de planos, etc.

**Trabajo No Contributorio (TNC):** Corresponde a las actividades realizadas por los trabajadores que no aportan directa ni indirectamente la ejecución del proyecto, es decir se consideran pérdidas, ya que son actividades que no son necesarias. Es imprescindible

eliminar estas actividades ya que estos tiempos muertos se reflejan en costos. Ejemplos:  
Esperas, descansos, retraso de llegada de materiales, etc.

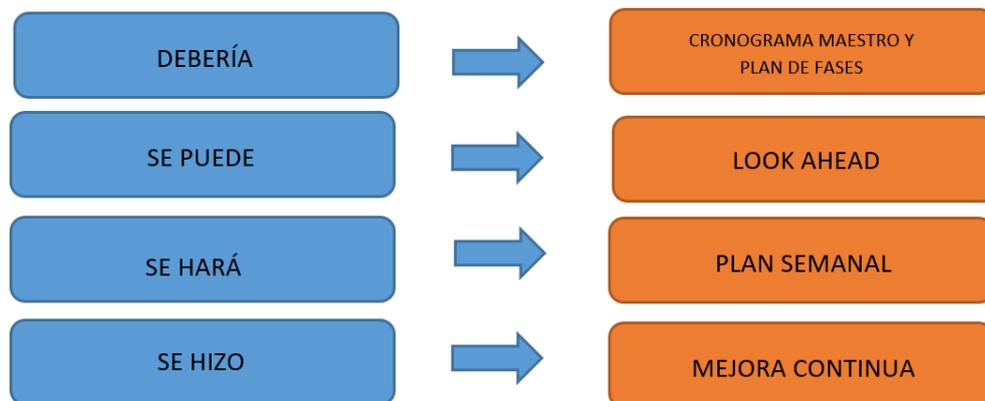


**Figura 21** Ejemplo de Servicio de Productividad y Gestión

Fuente: Servicio de Productividad y Gestión en 30 Obras (Serpell, 2002)

### 2.4.2 Sistema del Último Planificador

El sistema del último planificador es una herramienta de control de obra, fundamentada en el Lean Construction y que ha sido desarrollada a necesidad de las falencias de los procesos constructivos. Según (Ballard, 2011), asegura que, en este sistema se planifica y se controla la estructura del flujo de trabajo y unidades de producción, teniendo en cuenta que es responsabilidad de los profesionales encargados.



**Figura 22** Fases de Planificación de la Metodología LPS

Fuente: Formulación en el Planeamiento Last Planner (Ballard, 2011)

### **2.4.3 LookAhead planning**

Según el (ILC, 2015), el LookAhead es una herramienta de planificación basada en el Cronograma Maestro, que contribuye al control de las actividades a corto plazo. LAP es actualizado semanalmente identificando las nuevas actividades que se asignarán a la planificación, para que todo el equipo de gestión del proyecto pueda tomar las medidas necesarias y estén preparados para la ejecución de las actividades en las siguientes semanas.

La finalidad del Look Ahead es proyectarse a las siguientes semanas de trabajo, para prevenir las gestiones de compras, actividades, traslado de materiales, entre otros, y así evitar los contratiempos controlando los errores acumulativos. En esta herramienta no solo se programan actividades a corto plazo, sino también se establecen todos los requerimientos necesarios para que las actividades se cumplan, incluyendo en cada asignación de actividades a un profesional responsable que gestionará para que aquella planificación pase a una programación semanal.

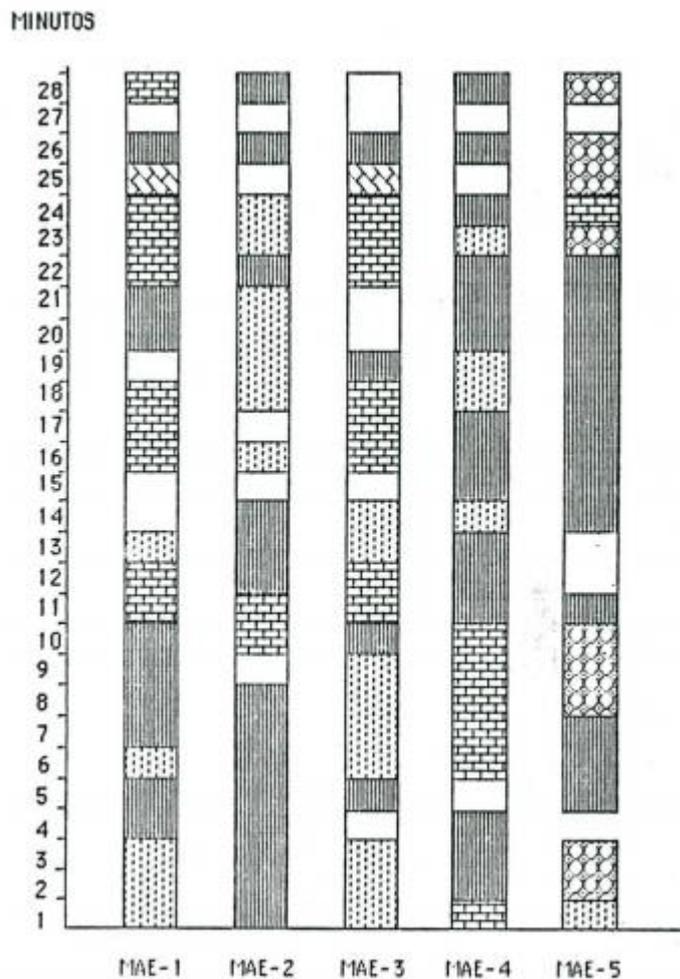
### **2.4.4 Plan semanal**

El plan o programación semanal es un indicador a corto plazo que está ligado al LookAhead en el cual se ha realizado un análisis previo, eliminando las restricciones y asegurar que las actividades a programarse puedan ejecutarse sin tener errores. Según el ICL, la metodología de medición para este indicador es el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), en donde se desglosa diariamente el porcentaje de avance de cada actividad a realizarse a corto plazo, con la finalidad de que esta información sea transmitida a todos los campos y profesionales responsables del proyecto, de esta manera todos estarán informados de los avances de cada actividad.

#### 2.4.5 Carta balance

La carta balance es una herramienta que permite ver la división de las actividades que realiza un grupo de trabajo. Con esta se puede ver qué porcentaje de sus actividades son trabajos productivos, contributorios y no contributorios. De acuerdo a (Serpell & Ferrada, 2009), “la carta de balance es también llamada carta de equilibrio de cuadrilla, es un gráfico que mide el tiempo en minutos, en función a los recursos (mano de obra, equipos, etc.) que participan en la actividad estudiada”. Estas mediciones nos ayudarán a tener clara la secuencia constructiva empleada para poder después optimizar el proceso que se está analizando.

Serpell nos aclara que el objetivo de este trabajo de medición, no es presionar a los trabajadores para que realicen sus actividades en corto tiempo sino de llevar un procedimiento o formas de trabajo a niveles más eficientes de tiempo y dinero. Para poder mejorar la eficiencia de la cuadrilla se pueden hacer tres cosas: Reasignar tareas entre sus miembros, modificar el tamaño de la cuadrilla o implementar algún cambio tecnológico que modifique considerablemente todo el proceso constructivo para poder obtener mejor eficiencia en todo el proceso de la actividad analizada. Todo ello con la finalidad de aumentar el Trabajo Productivo y disminuir los Trabajos Contributorios y No Contributorios.



**Figura 23** Primera Carta Balance de Moldaje de Losas en 5 cuadrillas de Serpell

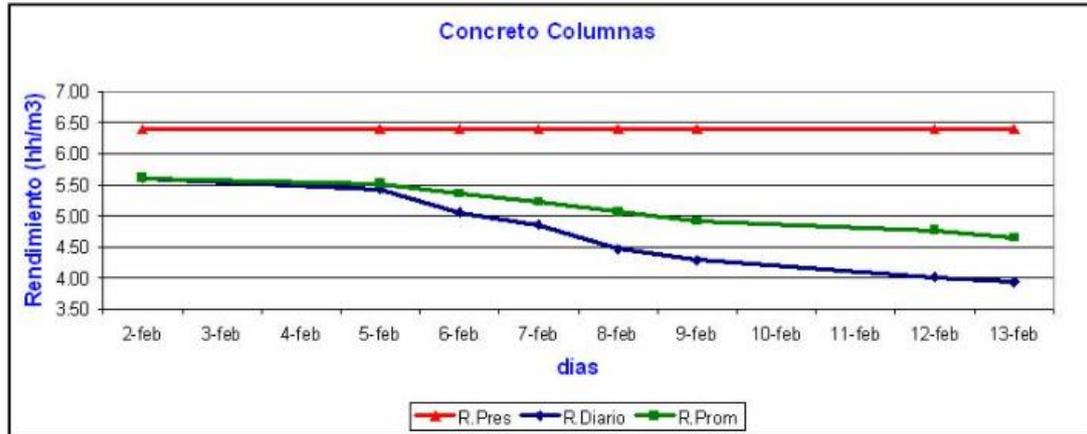
Fuente: Revista Ingeniería de Construcción 1990

## 2.5 Indicador de Productividad

### 2.5.1 Curva de Productividad

La curva de productividad es un indicador de control que permite ver día a día el avance de las distintas partidas de la obra y evaluar sobre el rendimiento diario para poder compararlo con el rendimiento que figura en el presupuesto. De acuerdo al Trabajo de Investigación Magisterial “Mejora en la productividad implementando el Lean Construction” de (De La Vega, 2018), afirma que en la gráfica de la curva de productividad también puede usarse mostrando la rapidez; en lugar del rendimiento, que

van teniendo la cuadrilla día a día. Cuando la actividad en estudio tiene muchos días en la cual está siendo realizada, se recomienda pasar la unidad de tiempo en las abscisas de día



Concreto Columnas

		Vie 2-feb	Lun 5-feb	Mar 6-feb	Mié 7-feb	Jue 8-feb	Vie 9-feb	Lun 12-feb	Mar 13-feb
Tareo diario	hh	10.10	10.05	9.85	9.70	9.60	9.65	9.60	9.45
Metrado diario	m3	1.80	1.85	1.95	2.00	2.15	2.25	2.39	2.40
Tareo acumulado	hh	10.10	20.15	30.00	39.70	49.30	58.95	68.55	78.00
Metrado acumulado	m3	1.80	3.65	5.60	7.60	9.75	12.00	14.39	16.79
Rend. Diario	hh/m3	5.61	5.43	5.05	4.85	4.47	4.29	4.02	3.94
Rend. Promedio	hh/m3	5.61	5.52	5.36	5.22	5.06	4.91	4.76	4.65
Rend. Presupuestado	hh/m3	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40
hh ganadas/perdidas	hh	1.42	3.21	5.81	8.94	13.10	17.85	23.55	29.40

a semanas, así el gráfico se hace más fácil de mostrar, leer e interpretar.

Figura 24. Curva de Productividad en vaciado de columnas

Fuente: Innovación en la Construcción – Ing. Javier Guillén 2008

## 2.6 Limitaciones en Obra

### 2.6.1 Limitaciones operativas

En el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, todos los trabajos a realizarse en este proyecto serán en horario nocturno, ya que las actividades a ejecutarse serán en la pista de aterrizaje y durante la mañana/tarde hay movimiento de aeronaves (vuelos de emergencia, vuelos humanitarios, etc.), es por ello que se considerará el siguiente horario de trabajo.

- Hora de Ingreso a LAP: 08:30 pm
- Hora de Ingreso a Pista de Aterrizaje: 11:30 pm

- Hora de Salida de Pista de Aterrizaje: 04:30 am

Es decir, el jornal laboral durará 5 horas y eso trae como consecuencia un retraso importante en la programación o plan maestro que se realizó antes del proyecto, además es importante aclarar que, si hubiese un vuelo de emergencia durante el horario nocturno de trabajo, todos los trabajadores tenemos que evacuar hacia las islas o zonas seguras, todo este traslado también afecta y limita a los trabajos diarios del proyecto.

### **2.6.2 Limitaciones al Contexto de la Pandemia**

El Presidente de la República a través del Decreto de Urgencia N090-2020 declara que, “la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha calificado, con fecha 11 de marzo de 2020, el brote del Coronavirus (COVID-19) como una pandemia al haberse extendido en más de ciento veinte países del mundo de manera simultánea”; que, mediante el Decreto Supremo N° 008-2020-SA se declara en Emergencia Sanitaria a nivel nacional por el plazo de noventa días y dicta medidas de prevención y control del virus.

La situación actual afectó el inicio del proyecto de Recuperación del Nivel de Pavimento que estaba programado para el día 20 de abril y no pudo concretarse. El Decreto Supremo también señala que, la limitación para la actividad alcanza a toda clase de obra ya existente, independientemente de su alcance, así como la circulación de sus trabajadores o materiales, que no sea posible independizar por completo de los espacios en los que se encuentren, temporal o permanentemente, pero con la excepción de actividades de urgencia que se necesite reparar de manera inmediata.

### **2.6.3 Limitaciones de Costo**

Las limitaciones mencionadas previamente, trae como consecuencia un ajuste de costo post-contrato que no se tenía previsto por la coyuntura actual en nuestro país, es de esa manera que la empresa Senvial tomó medidas de prevención para no afectar el

presupuesto inicial y poder asegurar el cumplimiento de costos, tiempo y calidad de las actividades a realizarse.

## 2.7 Glosario de Términos

*Asfalto:* Material cementante, de color marrón oscuro o negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo. (MTC, 2018).

*Bacheo:* Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada. (MTC, 2018)

*Base Granular:* Parte de la estructura del pavimento, constituida por una capa de material seleccionado que se coloca entre la subbase o subrasante y la capa de rodadura. (MTC, 2018)

*Bitumen:* Un tipo de sustancia cementante de color negro u oscuro (sólida, semisólida, o viscosa), natural o fabricada, compuesta principalmente de hidrocarburos de alto peso molecular, siendo típicos los asfaltos, las breas (o alquitranes), los betunes. (MTC, 2018)

*Fisura:* Fractura fina en la superficie de rodadura, de varios orígenes, con un ancho igual o menor a 3 milímetros. (MTC, 2018)

*Grieta:* Fractura en la superficie de rodadura de variados orígenes con un ancho mayor a 3 mm, pudiendo ser en forma transversal o longitudinal al eje de la vía. (MTC, 2018)

*Junta:* Separación establecida entre dos partes contiguas de una infraestructura, que sirve para permitir su expansión o retracción por causa de gradientes de temperatura, sismos u otras acciones. (MTC, 2018)

*Mantenimiento Vial:* Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario; puede ser de naturaleza rutinaria o periódica. (MTC, 2018)

*Marcas en el Pavimento:* Líneas y símbolos que se utilizan con el objeto de reglamentar el movimiento de vehículos e incrementar la seguridad en su operación. Sirve, en algunos casos,

como suplemento a las señales y semáforos en el control del tránsito; en otros constituye un único medio, desempeñando un factor de suma importancia en la regulación de la operación del vehículo en la vía. (MTC, 2018)

*Metrado*: Cuantificación detallada por partidas de las actividades por ejecutar o ejecutadas en una obra. (MTC, 2018)

*Sello Asphaltico*: Trabajo consistente en la aplicación de un material bituminoso sobre la superficie de un pavimento existente, al que luego se cubre con material granular fino de diferente gradación según diseño, para finalmente proceder a su compactación. (MTC, 2018)

*NOTAM*: Aviso distribuido por medios de telecomunicaciones que contiene información relativa al establecimiento, condición o modificación de cualquier instalación aeronáutica, servicio, procedimiento o peligro, cuyo conocimiento oportuno es esencial para el personal encargado de las operaciones de vuelo. (Dirección General de Aeronautica Civil, 2005)

*PEA*: Son las áreas designadas al estacionamiento de aeronaves, con la finalidad de embarcar o desembarcar pasajeros, cargas u otros servicios. (Dirección General de Aeronautica Civil, 2005)

## CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

### 3.1 Inicio de la Experiencia Profesional

El ingreso a la empresa Senvial fue mediante una convocatoria realizada el 16 de julio del 2018, en donde los requisitos para postular al cargo de asistente de producción, eran tener el grado de bachiller en ingeniería civil, dominar programas como el S10, Ms Project y tener experiencia en proyecto de construcción y/o pavimentación. Luego de la pre-selección, se convocó a una última entrevista con el gerente de la compañía, en donde se detalló la previa experiencia en obras de pavimentación y oficina técnica, de esa manera me pude incorporar a la empresa y obtener el puesto de asistente de jefe de producción. Mediante el contrato laboral, el inicio de las labores en obra fue el 30 de julio del 2018 en el proyecto de Pavimentación del estacionamiento del Boulevard de Asia, provincia cañete, región Lima.

### 3.2 Descripción del Proyecto e Involucrados

El proyecto “Recuperación del Nivel de Pavimento en la Pista de Aterrizaje del AIJCH” ubicado en Av. Elmer Faucett s/n, Callao 07031, consta de un conjunto de actividades relacionadas al mantenimiento que se realiza en la pista de aterrizaje y alrededores, las cuales son las siguientes:

- Tratamiento de Juntas, Fisuras, Grietas y Rozas
- Restitución de Pavimento Asfáltico en TWY & F1
- Nivelación de Pavimento Rígido en TWY & F
- Rehabilitación de Pavimento Flexible en Vía de Servicio
- Restitución de Señalización Horizontal

La pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez tiene una longitud de 3500 m y un ancho de 45 m, está dividida en 70 balizas ubicadas cada 50 m que son

necesarias para la identificación de zonas laterales de la pista de aterrizaje como las Islas, Calles de Rodaje y Hangares.

El pavimento está compuesto por losas de concreto Portland de 7.50 m x 7.50 m y 280 mm de espesor, con juntas longitudinales tipo llave y juntas transversales, cada 380 m fue diseñada una junta de expansión y las losas de concreto fueron colocadas sobre una capa de sub-base de 300 mm de espesor.

La pista necesita garantizar las condiciones ideales de seguridad para las operaciones de aterrizaje y despegue, en la actualidad la superficie de la pista presenta lo siguiente:

- Grietas por reflexión de juntas, este tipo de deterioro es por reflejo del pavimento de concreto, no se observa erosión en los bordes o desplazamiento diferencial en las fisuras, lo que evidencia que las losas del pavimento tienen buen comportamiento, no hay indicios de problemas de transferencia de carga.
- Grietas ocasionadas por canalizaciones de cableado de luces (rozas del sistema de iluminación), debido al desprendimiento del sello elastomérico sin llegar a la exposición de los cables.
- Fisura longitudinal o transversal, debido al pavimento que se puede considerar como semirrígido, probablemente por fisuras que se presentan en pavimentos de concreto las cuales se propagan a la superficie. Usualmente es debido al tráfico de las aeronaves donde el efecto de flexión de la capa asfáltica ocurre en la superficie adyacente al neumático de la aeronave.
- Existen puntos localizados con segregación de la superficie del pavimento, no se evidencia desprendimiento de material que genere Foreign Object Debris (FOD), sin embargo, de no tener tratamiento es un serio peligro a la operación.
- Desprendimiento de material asfáltico en zonas de grietas, requiere de ser retirado y ejecutar un parcheo adecuadamente dimensionado.

Tabla 3.

*Responsables de cada Área*

ÁREA	ABREV.	RESPONSABLE	ABREV.
G. Proyecto	GP	William Chamorro	WC
Residente/G. Obra	RO	Ing. Darko Nesterenko	DN
SSOMA	SEG	Ing. Jhonatan Guillen	JG
Calidad	CAL	Ing. Kelvin Vilcas	LN
Recursos Humanos	RRHH	Roxana Salazar	RS
Administración	ADM	Valeria La Rosa	VLR
Control de Proyectos	CP	Ing. Piero Narro	PN
Oficina Técnica	OT	Mijaíl Pereda	MP
Logística	LOG	Leyla Nolasco	LN
Producción	PRO	Kevin Becerra	KB
Equipos	EQP	Irvin Vega	IV
Cliente/Supervisión	SUP/CLI	-	LAP

Fuente: Propia

En la Tabla N°3 se presenta la relación de los involucrados con el actual proyecto, así como el área al que representa cada uno de ellos. En obra contamos con dos oficinas, una de ellas para la residencia de obra y la otra para el supervisor SSOMA y administración.

### 3.3 Riesgos del Proyecto

En el actual proyecto, identificamos el riesgo principal que mitigaremos previamente a la reanudación de los trabajos; ya que; por motivo de la coyuntura actual, hemos tenido limitaciones para ejecutar en el tiempo que solicita el contratante.

#### 3.3.1 Ampliación del estado de emergencia.

La ampliación del Estado de Emergencia reduciría el tiempo disponible para la ejecución de la obra, cuyo NOTAM vence el día 01-Jul-2020. En ese sentido, al

disponer de un menor plazo de ejecución y en horario restringido (de 1:30 am a 4:30 am), este no alcanzaría para ejecutar todas las cantidades de obra previstas en el Alcance de Trabajo, necesarias para mejorar el nivel de servicio deseado.

Las alternativas de solución son las siguientes:

- Solicitar ampliación de NOTAM (en días u horario): depende exclusivamente de LAP. La ampliación del horario del NOTAM ayudaría a recuperar el tiempo perdido durante el Estado de Emergencia. La ampliación de 30 minutos permitiría reducir aproximadamente 10 días el plazo de ejecución.
- Reducir alcance (cantidades de obra) y trasladarlo a nuevos NOTAM programados por LAP: la parte del alcance inicial (contractual) que quede pendiente de ejecución, podría trasladarse a otros NOTAM que regularmente gestiona LAP para el aeropuerto como parte de su operación. Requiere de una revisión/evaluación/negociación conjunta entre la empresa Contratante y Contratista.
- Incrementar cuadrillas de trabajo luego del período de emergencia: es viable incrementar las cuadrillas de trabajo en algunas actividades. Sin embargo, se requeriría de una reducción de los períodos de valorización y días de pago ya que el flujo de caja del Proyecto aumentaría. Requiere de una revisión/aprobación previa por parte de LAP.

Luego de los permisos correspondientes y los protocolos de seguridad y salud del personal, se retomaron los trabajos el 1 de junio, teniendo en consideración los siguientes horarios dispuestos por LAP:

- Hora de Ingreso a LAP: 08:30 pm
- Charla de Seguridad Operacional: 10:00 pm
- Movilización de área de trabajo: 11:00 pm

- Limpieza de área de trabajo: 5:00 a 5:30 am
- Salida de Pista de Aterrizaje: 5:30 am

Después de tener planteado todos los cambios del proyecto actual, se realizaron estudios y propuestas de gestión en gabinete para definir la metodología de ejecución del proyecto para cumplir con el cronograma, presupuesto, costos y calidad de la obra.

### **3.4 Funciones en el Proyecto**

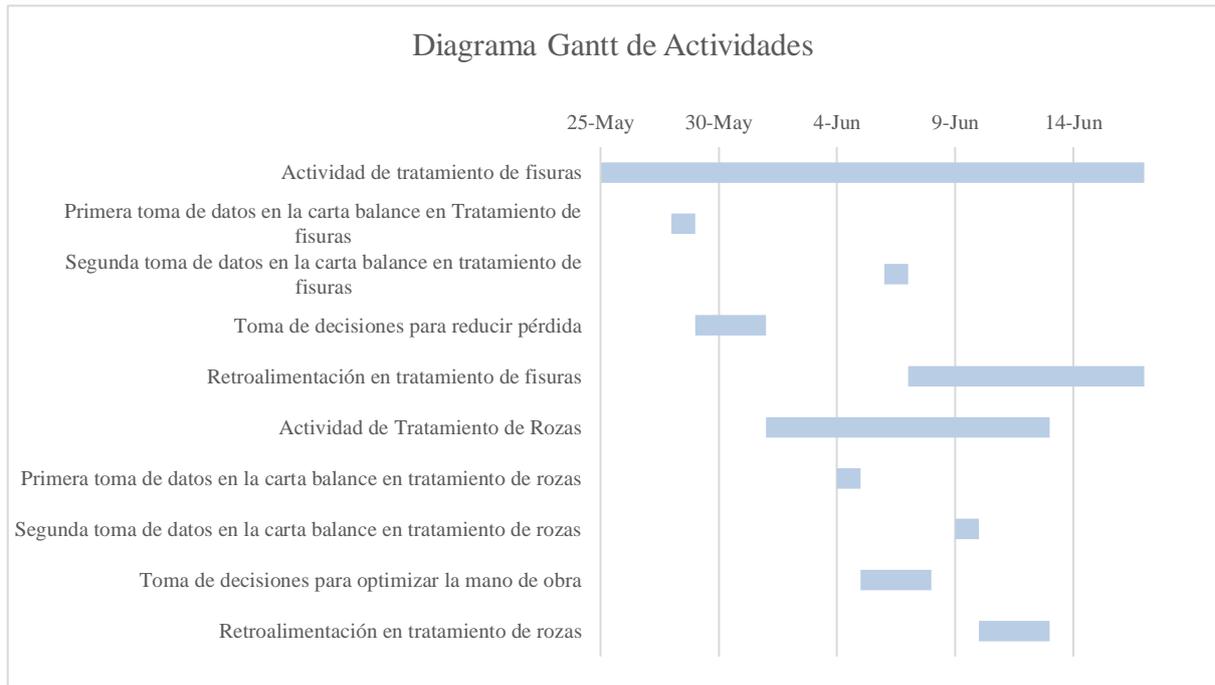
El cargo que desempeño en el proyecto, es de Jefe de Producción. Mi labor es estar al tanto de que todos los procedimientos, las buenas prácticas y la ejecución de las actividades, de tal manera que se cumplan como indica el cronograma de obra. Así mismo, mi trabajo consiste en planificar todo lo mencionado, conjuntamente con el Ingeniero Residente de Obra y el Ingeniero de Control.

Una de las funciones que cumplo, es de solicitar y asegurar la disponibilidad de recursos (materiales, herramientas, equipos, etc.), para asegurar el cumplimiento de planificación y no haya retrasos en obra.

Por último, mi función en este proyecto es de realizar el metrado diario de avance de las actividades de sellado en frío y sellado en caliente de fisuras en la Pista de Aterrizaje, para poder corroborar con el metrado general y el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC); de tal manera nosotros sabemos en qué porcentaje del total nos encontramos.

### **3.5 Desarrollo de la Experiencia Profesional**

La experiencia profesional se basó en la aplicación de las herramientas e indicadores de la filosofía Lean Construction. En la ejecución del proyecto se ha considerado que el mantenimiento en el área de movimiento del Aeropuerto debe ejecutarse en diferentes frentes y de acuerdo con las fases indicadas en el proyecto.



**Figura 25.** Diagrama Gantt de Actividades del proyecto  
Fuente: Propia

Se ha considerado ingeniería de campo a desarrollar por el contratista, que consiste en realizar el mapeo de todas las áreas a intervenir, de acuerdo con los documentos de evaluación de pavimentos realizados por la compañía Dynatest, en el cual se incluye la Pista de la cabecera 15/33. Además, para la Pista de la cabecera 15/33 se ha considerado sellado de fisuras y grietas, recuperación de fricción por chorro de agua y la reposición de la señalización horizontal.

Tabla 4

*Metrado por cada Actividad*

ACTIVIDAD	METRADO
Tratamiento de rozas	1,200 m
Sellado de fisuras y grietas	3,000 m
Recuperación de fricción	10,000 m <sup>2</sup>
Reposición de señalización horizontal	7,000 m <sup>2</sup>

Fuente: Propia

*Tratamiento de Rozas:* En la Pista de Aterrizaje existen pequeñas canalizaciones denominadas rozas, similares a una junta, que albergan cables eléctricos que alimentan a las luces del eje de la pista. Debido al tránsito aéreo muchas rozas están dañadas, sin sello, desalineadas y con material suelto. El sistema de iluminación de la Pista es administrado por CORPAC y previamente se ha realizado con ellos un trabajo de identificación de las rozas inoperativas o en mal estado. El retiro de los cables será realizado por CORPAC y cualquier nueva instalación de cable eléctrico será exclusivamente realizado por personal de dicha entidad. El Contratista será responsable únicamente de la limpieza de las juntas y posterior sellado, una vez retirados/reinstalados los cables eléctricos.

Los trabajos a realizar serán solo en rozas operativas, que sólo requieran reposición de sello; es por ello que, previamente se realizó un recorrido desde la baliza 5 hasta la baliza 35 para corroborar el metrado e identificar las zonas más afectadas. De la baliza 1 a la 5 no se realizó el tratamiento de rozas, ya que se encuentran inoperativas.

El procedimiento fue el siguiente:

- Retirar el sello deteriorado
- Limpieza manual de las rozas
- Colocación del Eucorod
- Aplicación del nuevo sello

El sellado a aplicar sobre el pavimento será en frío, con polímero bicomponente de secado rápido, el cual será flexible, resistente a hidrocarburos, al rasgado y al punzonamiento.

Las longitudes se detallan a continuación:

Tabla 5

*Metrado de Tratamiento de Rozas por Progresiva*

Progresiva		Metrado
Inicio	Fin	(m)
0+000	0+100	178.6
0+100	0+200	36.7
0+200	0+300	55.9
0+300	0+400	117.1
0+400	0+500	87.75
0+500	0+600	88.4
0+600	0+700	65.3
0+700	0+800	37.2
0+800	0+900	58.2
1+140	1+200	11.5
1+200	1+260	13.3
1+260	1+320	37.6
1+320	1+380	53.9
1+380	1+440	24.6
1+440	1+500	89.2
1+500	1+560	59
1+560	1+620	39.8
1+620	1+680	17.2
1+680	1+740	33.4
1+740	1+800	2
1+800	1+860	6.5
1+860	1+920	22.7
1+920	1+980	2
1+980	2+040	0
2+040	2+100	62.15
		<b>1200</b>

Fuente: Propia



**Figura 26** Actividad: Limpieza manual de Rozas

Fuente: Propia



**Figura 27** Actividad: Acabado del sello en frío en Rozas

Fuente: Propia

*Sello de grietas y fisuras:* Debido a la exposición de alto tránsito de aeronaves, la pista de aterrizaje cuenta con fisuras y grietas que deberán tratarse para garantizar una mejor funcionalidad del pavimento.

Esta actividad se realizó en los siguientes tramos:

Tabla 6

*Metrado de tratamiento de fisuras y grietas por balizas*

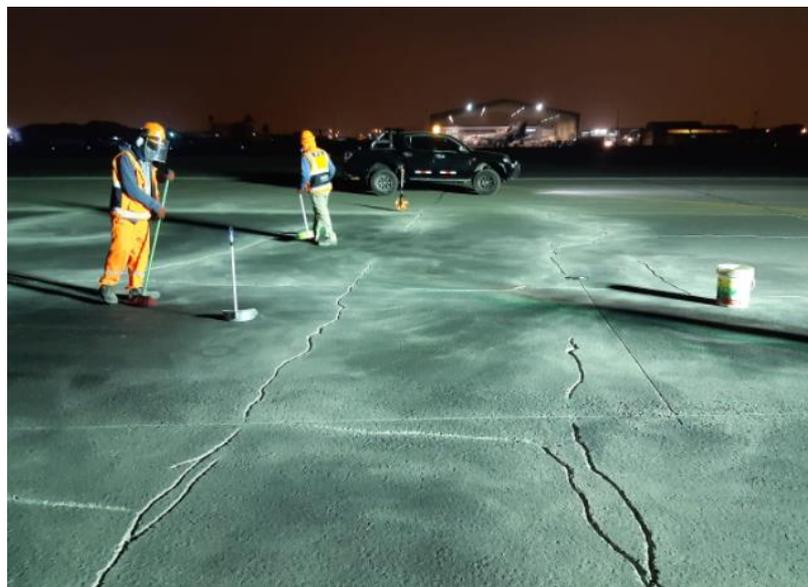
<b>Tramo</b>	<b>Metrado (m)</b>
Baliza 0-3	157.25
Baliza 3-4/16	255.15
Baliza 16-19	312.30
Baliza 18-19	48.00
Baliza 17-19	204.00
Baliza 19-20	216.50
Baliza 19	142.00
Baliza 19-20	15.5
Baliza 20	149.2
Baliza 20	72.3
Baliza 4-16	885.6
Baliza 30-35	542.2
	<b>3000.00</b>

Fuente: Propia



**Figura 28.** Actividad: Corte de fisuras y grietas con equipo

Fuente: Propia



**Figura 29.** Actividad: Limpieza general de la zona trabajada con la cortadora

Fuente: Propia

Para el tratamiento de grietas y fisuras, se realizaron los siguientes trabajos:

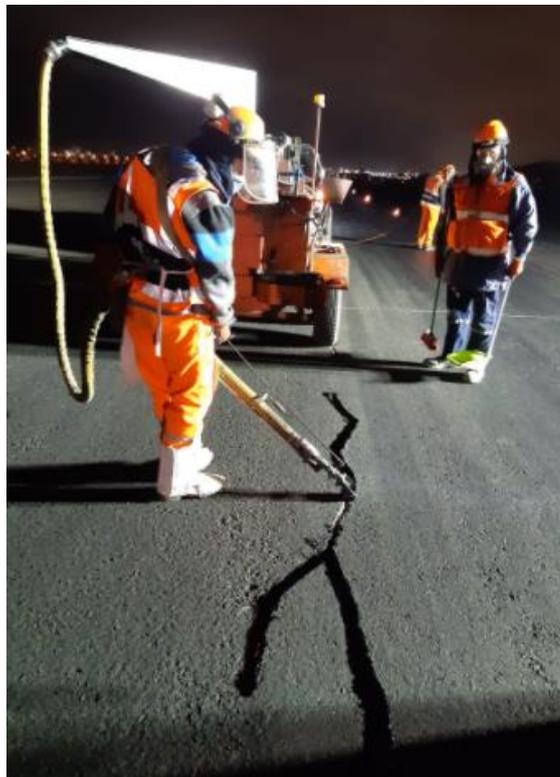
- Se realizó el trazo de las fisuras y grietas a tratar en su inicio y fin.
- Se efectuó el ruteado de la fisura generando un canal con ancho de 10mm y una profundidad de 15 mm aproximadamente.
- Limpieza y retiro de materiales o partículas utilizando aire a presión producido por la compresora, removiendo todo material suelto hasta lograr una superficie limpia.

- Aplicar el sellador rellenando el canal generado con el ruteado y generar una banda superior con el elastomérico en caliente.

El sellado a aplicar sobre el pavimento será en caliente, con polímero bicomponente de secado rápido, el cual será flexible, resistente a hidrocarburos, al rasgado y al punzonamiento.

La aplicación del sello en caliente será de dos tipos, sello tipo banda y tipo reservorio.

- Sello tipo banda: Cubre el 100% del área de la grieta y genera una banda de protección, no aplicable en la zona de contacto de la pista de aterrizaje debido al riesgo de contacto con los neumáticos del tren de aterrizaje y se genere desprendimiento de la banda por elevada temperatura de contacto.



**Figura 30.** Actividad: Aplicación del sello en frío, tipo banda

Fuente: Propia

- Sello tipo reservorio: Sello que genera adherencia en las paredes de la fisura/grieta; no genera banda ya que solo trabaja en las paredes de la zona ruteada. Al no generarse esta banda no existiría mayor exposición sobre el pavimento. Sello recomendado por

exposición en la zona de contacto de la pista de aterrizaje, entre las progresiva 0+400 y 1+150.



**Figura 31.** Actividad: Aplicación de sello en caliente, tipo reservorio

Fuente: Propia

### 3.6 Estrategia del Proyecto de Construcción

El objetivo del Proyecto es mejorar/conservar el nivel de servicio de las áreas pavimentadas (Pista de Aterrizaje y Calles de Rodaje) del campo de vuelo a un nivel óptimo, que no pongan en riesgo la operación del aeropuerto. Debido al tiempo de ejecución restringido por el NOTAM, las demoras en la etapa de concurso que extendieron el inicio previsto para el Proyecto y la coyuntura actual del Estado de Emergencia originado por la epidemia del COVID-19, la empresa Senvial ha planteado como estrategia de ejecución las siguientes acciones:

- Optimizar los procesos constructivos con equipos de mayor productividad.
- Incrementar el número de cuadrillas de trabajo.

- Sub contratar algunos trabajos a empresas especializadas para lograr mayor eficiencia y apoyarse en su logística. Estas serían: señalización horizontal y movimiento de tierra.

### **3.7 Planificación Maestra**

La Planificación Maestra se basa en la Planificación General del proyecto que acostumbramos realizarlo en el Diagrama Gantt, la diferencia es que la planificación maestra nos da más confiabilidad ya que detalla cada hito importante en el avance de la obra, es decir, nos indica cuantos días nos va a demorar realizar una actividad en la Pista de Aterrizaje, cuantos días tomará realizar el sellado en las primeras 5 balizas, cuantos días nos tomará pintar el eje de pista en la calle de rodaje, etc.

En la Planificación Maestra se observa que lo hitos están divididos en 4 zonas, Pista de Aterrizaje, Calles de Rodaje, Plataforma y Paisajismo, para detallar de manera específica la cantidad de días en las que se va a liberar cada hito, también nos muestra las actividades paralelas que se realizaran en diferentes zonas.

En la planificación se está considerando el tiempo de paralización por pandemia Covid-19, desde el 16/03 que inicio la cuarentena hasta el 25/05 que se retomaron los trabajos dentro de las instalaciones del AIJCH, fueron 70 días calendario.

### **3.8 LookAhead Planning**

El LookAhead es un sistema de planificación y control de obra que ha sido desarrollado por las necesidades propias del proceso constructivo del proyecto, esta planificación es realizada por el Ingeniero Residente, en nuestro Proyecto de Recuperación del Nivel de Pavimento de la Pista de Aterrizaje del AIJCH la duración del LookAhead es de 3 semanas ya que las actividades o hitos que se ejecutaran son entre 20 a 30 días calendario.

En la figura 32, se muestra el formato del LookAhead de las dos primeras semanas, en donde se observa que se tiene como base al cronograma maestro para poder identificar los hitos o actividades principales a ejecutarse diariamente.

Item	Paquete	Descripción de Paquete	Descripción de Actividad	Und.	Metrado Total	SEMANA 01							SEMANA 02						
						Lun	Mar	Mier	Juev	Vier	Sab	Dom	Lun	Mar	Mier	Juev	Vier	Sab	Dom
						25-May	26-May	27-May	28-May	29-May	30-May	31-May	1-Jun	2-Jun	3-Jun	4-Jun	5-Jun	6-Jun	7-Jun
1	WP1	Pista de Aterrizaje	Recuperación de fricción	m2	0.0														
2	WP1	Pista de Aterrizaje	Tratamiento de fisuras y grietas	m	1,800.0	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00		150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	
3	WP1	Pista de Aterrizaje	Tratamiento de rozas	m	1,200.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
4	WP2	Calles de Rodaje	Tratamiento de fisuras y grietas	m	680.0														
5	WP2	Calles de Rodaje	Reposicion de señalización horizontal	m2	5,600.0					400.00	400.00		400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	
6	WP4	Paisajismo	Corte a nivel de subrasante (e=0.10 m)	m2	9,000.0	900.00	900.00	900.00	900.00				900.00	900.00	900.00				
7	WP4	Paisajismo	Eliminación de material excedente	m3	1,053.0	117.00	117.00	117.00	117.00				0.00	117.00	117.00				
8	WP4	Paisajismo	Tratamiento antipolvo	m2	108,000.0	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00		6000.00	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00	
9	WP4	Paisajismo	Colocación de suelo cemento (e=0.10 m)	m2	7,200.0					900.00	900.00		900.00			900.00	900.00		

Figura 32. LookAhead Planning Proyecto de Recuperación de Pavimento en AIJCH

Fuente: Propia

### **3.9 Programación Semanal**

La programación Semanal es parte de la Planificación LookAhead, donde se detallan los avances reales de las actividades o hitos diariamente ejecutados. Esta programación se planifica en reuniones semanales, en donde el ingeniero residente en coordinación con el ing. de producción e ing. de control gestionan los recursos y definen a los responsables para levantar las observaciones de restricciones.

Luego de establecer a los responsables de las actividades, se define la cantidad de metrado de avance para cada cuadrilla en la semana siguiente, este avance está definido en el LookAhead, pero en el plan semanal se define al 100% teniendo en cuenta las restricciones posibles o eventualidades inesperadas en la Pista de Aterrizaje, ya que es la zona más inestable en comparación a las demás zonas de trabajo.

Debemos tener en cuenta que la planificación semanal en este proyecto es poco común a diferencia de otros proyectos, ya que se trabaja 5 horas diarias y de lunes a sábado en horario nocturno, en total son 30 horas laborales y esto puede afectar a la producción del proyecto, para ello es importante establecer responsables y cantidad de metrado de avance diario.

Descripción de Actividad	Und.	SEMANA 01							META SEMANAL	
		Lun	Mar	Mier	Juev	Vier	Sab	Dom	Avance en metros	
		25-May	26-May	27-May	28-May	29-May	30-May	31-May		
Corte a nivel de subrasante (e=0.10 m)	Metrados	m2	900.00	900.00	900.00	900.00				3600.00
Eliminación de material excedente	Metrados	m3	117.00	117.00	117.00	117.00				468.00
Colocación de suelo cemento (e=0.10 m)	Metrados	m2					900.00	900.00		1800.00
Tratamiento antipolvo	Metrados	m2	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00		36000.00
Tratamiento de rozas	Metrados	m	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		600.00
Tratamiento de grietas y fisuras	Metrados	m	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00		900.00
Señalización Horizontal	Metrados	m2					400.00	400.00		800.00

**Figura 33.** Plan Semanal del Proyecto de Recuperación del Nivel de Pavimento en el AIJCH

Fuente: Propia

En la Figura 33, se puede observar que el Plan Semanal es un desagregado de la planificación del LookAhead, la cual nos muestra una meta semanal que se debería alcanzar, sin considerar ningún contratiempo durante la ejecución de las actividades. De esa manera, el ingeniero de producción y los encargados de las cuadrillas, tienen conocimiento del metrado diario y semanal programado, el cual tienen que cumplir para respetar los plazos del presupuesto

### 3.10 Análisis de Restricciones

Este análisis complementa la planificación LookAhead, ya que se especifican todas las limitaciones que se presentan por cada actividad en la ejecución del proyecto. Estas restricciones también tienen a un responsable que se encargará de hacer el seguimiento correspondiente, ya que en base a las respuestas y soluciones del análisis se podrá confirmar fechas en el LookAhead.

Tabla 7

*Tipos de Restricciones (enunciativos mas no limitativos)*

<b>ABREV.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
PRC	Definición de secuencia, identificar dependencias, asignar responsable del proceso, otros.
INF	Evaluar si se cuenta con la información necesaria (planos, especificaciones, normas técnicas, procedimientos constructivos, etc.), compatible y válida para construcción.
MO	Diseño de cuadrillas, personal requerido oportunamente, etc.  Se asume que se solicitó el personal oportunamente
LOG	Verificar si las cotizaciones (MAT y SBC), órdenes de compra (MAT) y ordenes de servicio (SBC) se han realizado en su debido momento o deben de realizarse para cumplir con las fechas de las actividades.
MAT	Evaluar si se cuenta con los materiales y consumibles necesarios, aprobados por el Cliente para su uso, etc.
EYH	Evaluar si se cuenta con los equipos y herramientas necesarias (propias y/o alquiladas).
SBC	Requerimiento oportuno; debe ingresar con la documentación adecuada y con contrato firmado.  Se asume que se requiere el servicio oportunamente

---

SEG	Verificar las condiciones, materiales y equipamientos necesarios.
CAL	Incluir en el proceso los puntos de inspección necesarios. Documentación necesaria; materiales adecuados, etc.
CAT	Documentación, cartas fianzas, contratos, etc. En orden.  Verificar que se cuenta con todos los permisos, licencias, etc.
ENT	Verificar que se cuenta con las condiciones físicas / espaciales para realizar la actividad.
CLI	Verificar si existen aprobaciones o permisos que deban ser otorgados por el cliente y/o la supervisión.

---

Fuente: Propia

### 3.11 Curva de Productividad

La curva de productividad en una herramienta de control en donde se refleja el avance diario de las actividades en proceso de ejecución y la comparación de rendimiento del metrado diario de la cuadrilla y el rendimiento del metrado que se presenta en el presupuesto, de esa manera se puede determinar los factores que influyen en la variación del avance diario.

Tabla 8

*Metrado programado y ejecutado en la actividad de tratamiento de rozas*

---

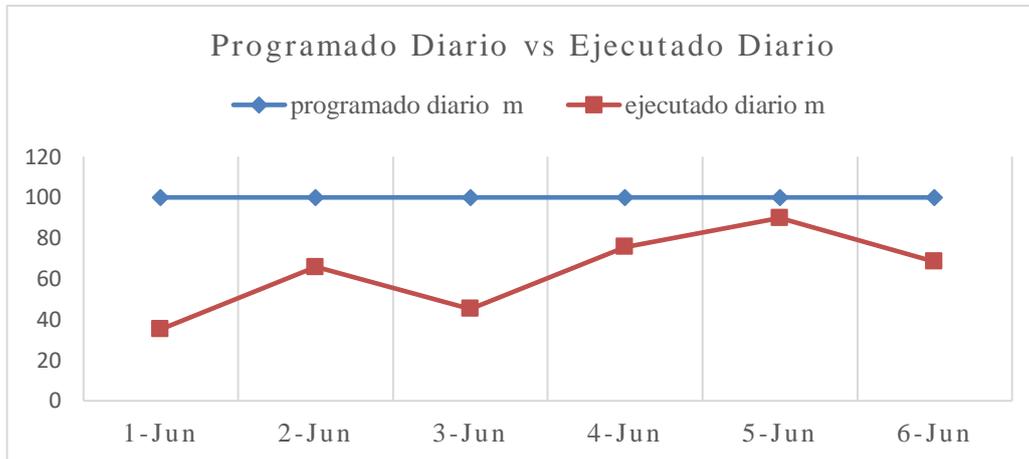
<b>Tratamiento De Rozas</b>	<b>und</b>	<b>1-Jun</b>	<b>2-Jun</b>	<b>3-Jun</b>	<b>4-Jun</b>	<b>5-Jun</b>	<b>6-Jun</b>
programado diario	m	100	100	100	100	100	100
programado acumulado	m	130	200	300	400	500	600
ejecutado diario	m	35.2	65.8	45.2	75.6	89.9	68.4
ejecutado acumulado	m	35.2	101	146.2	221.8	311.7	380.1
porcentaje de avance real		3%	5%	4%	6%	7%	6%
porcentaje acumulado real		3%	8%	12%	18%	26%	32%

---

Fuente: Propia

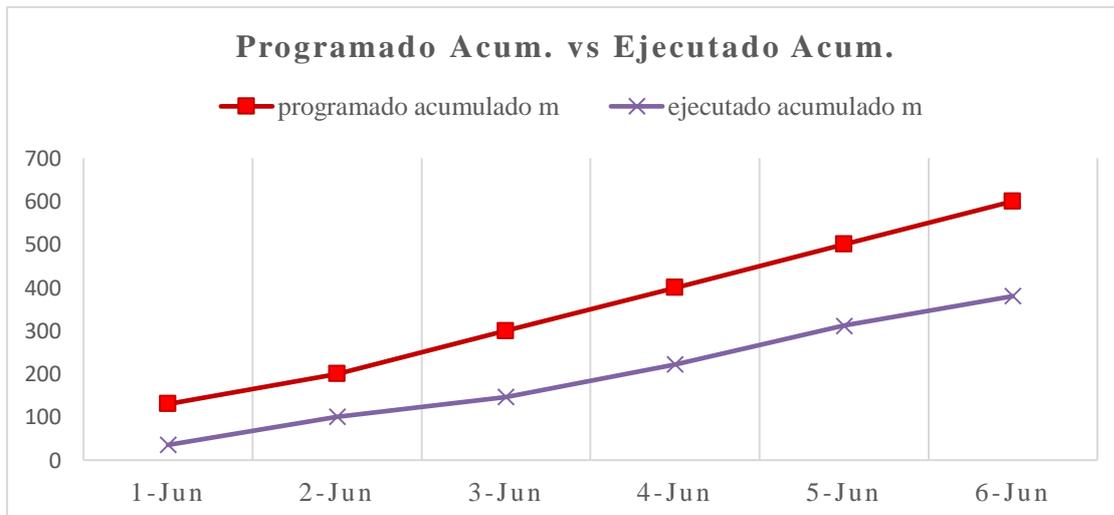
En la Tabla 8 se observa el metrado diario ejecutado, en comparación con el metrado programado, que evidentemente no se llega a cumplir durante la primera semana de ejecución de la actividad de tratamiento de rozas en la pista de aterrizaje.

En la Figura 34 se observa que, en la primera semana de ejecución de la actividad de tratamiento de rozas, el metrado diario está por debajo de lo que se programó en el cronograma del proyecto. La variación de metrado diario avanzado es a causa de la reducción del jornal laboral y los imprevistos que se presentan en pista de aterrizaje.



**Figura 34.** Gráfico comparativo de lo programado y ejecutado diario en la actividad de tratamiento de rozas

Fuente: Propia



**Figura 35.** Gráfico comparativo del metrado programado y ejecutado en la actividad de tratamiento de rozas

Fuente: Propia

En la actividad de Tratamiento de Fisuras y Grietas también se realizó la curva de productividad durante la primera semana de ejecución y se presentaron observaciones con respecto al mantenimiento de la máquina selladora; es por ello que, se observan producciones diarias bajas en comparación a la productividad ideal.

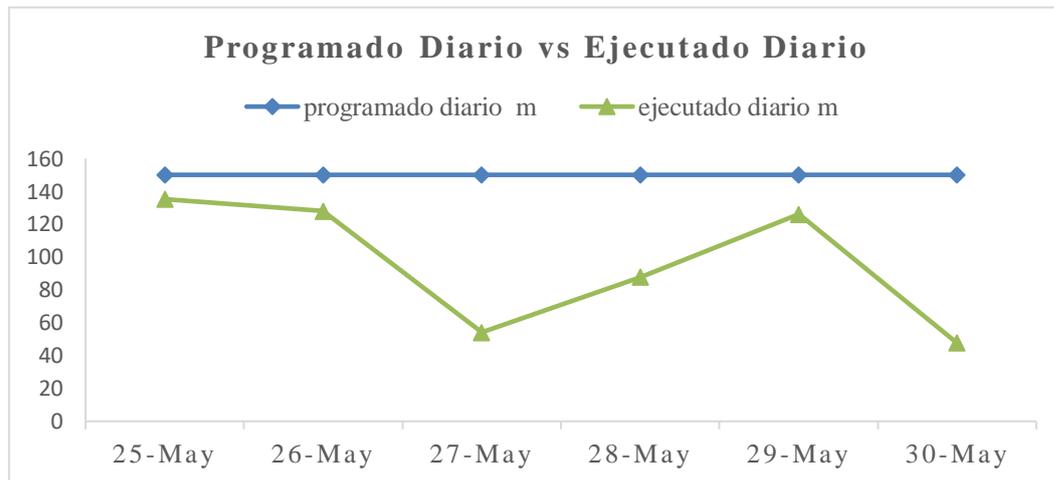
Tabla 9

*Metrado programado y ejecutado en la actividad de tratamiento de fisuras y grietas*

Tratamiento de Fisuras y Grietas	und	25-May	26-May	27-May	28-May	29-May	30-May
programado diario	m	150	150	150	150	150	150
programado acumulado	m	150	300	450	600	750	900
ejecutado diario	m	135.2	128	54	87.7	125.9	47.6
ejecutado acumulado	m	135.2	263.2	317.2	404.9	530.8	578.4
porcentaje de avance real		5%	4%	2%	3%	4%	2%
porcentaje acumulado real		5%	9%	11%	13%	18%	19%

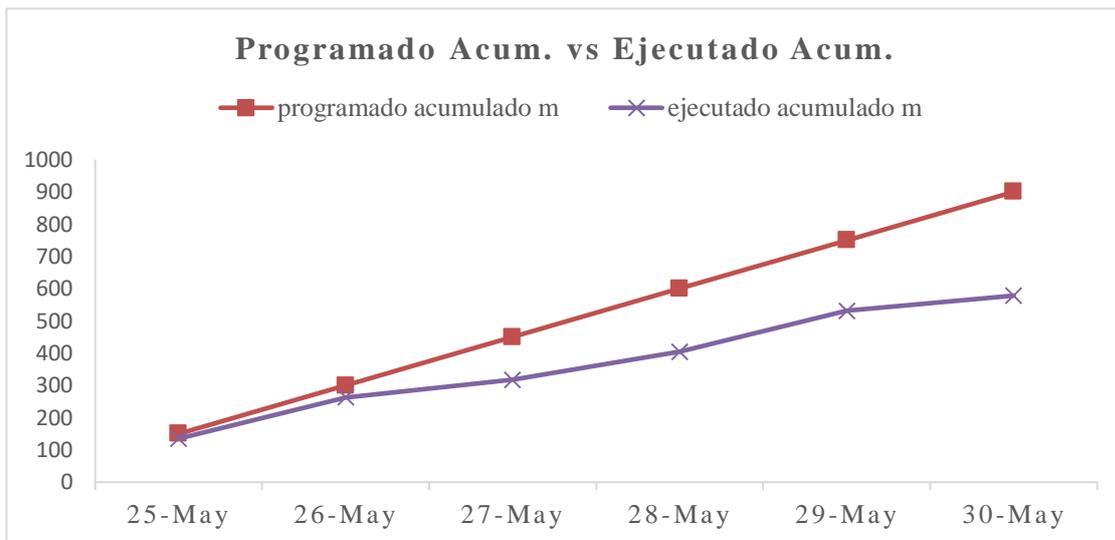
Fuente: Propia

En la Tabla 9 se observa que, en los días 27 y 30 de mayo se ejecutó un metrado que está muy debajo a lo programado diariamente, debido a que a la máquina que tenemos actualmente le hace falta mantenimiento y esto trae como consecuencia, demoras en el calentamiento previo a la actividad y no llega a la temperatura correspondiente para la aplicación.



**Figura 36.** Gráfico comparativo de lo programado y ejecutado diario en la actividad de tratamiento de fisuras y grietas

Fuente: Propia



**Figura 37.** Gráfico comparativo del metrado programado y ejecutado en la actividad de tratamiento de fisuras y grietas

Fuente: Propia

### 3.12 Carta Balance

La Carta Balance es una herramienta Lean que permite ver la distribución del trabajo de una cuadrilla específica. Con esta se puede ver qué porcentaje de sus actividades son trabajos productivos, contributorios y no contributorios. Además, se puede observar la secuencia del trabajo realizado.

El formato de la Carta Balance utilizada para este proyecto se basa en la mano de obra, identificando el cargo de cada personal de la cuadrilla, de esa manera se sabrá qué tiempo utilizó para realizar cada actividad, incluso sabremos si el tiempo utilizado fue en un Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributorio (TC), o un Trabajo No Contributorio (TNC). Para elegir la actividad evaluada, se considerarán principalmente las actividades o partidas más relevantes del proyecto; es decir, las partidas con mayor presupuesto serían las primeras en evaluarse. Como segundo criterio, se tomarán en cuenta las partidas que estén causando pérdidas o productividad relativamente baja, entonces se utilizará esta herramienta para solucionar los errores cometidos.

Finalmente, es recomendable que el formato de medición sea registrado por el encargado de cuadrilla o por el responsable de producción, ya que debe ser una persona que esté relacionada directamente con el personal de las cuadrillas y no un personal de oficina técnica, como se muestra en la Figura 25, se realiza previamente un registro de datos para tener conocimiento de los involucrados en cada actividad.

REGISTRO DE DATOS PARA LA CARTA BALANCE																						
Fecha	4/06/2020	Proyecto	Recuperación del Nivel de Pavimento en la Pista de Aterrizaje del AIJCH																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MANO DE OBRA</th> </tr> <tr> <th>CARGO</th> <th>APELLIDOS Y NOMBRES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Op1</td> <td>Guardado M. Juan</td> </tr> <tr> <td>Op2</td> <td>Manuel E. Galarreta</td> </tr> <tr> <td>Ay1</td> <td>Guzman C. Luis</td> </tr> <tr> <td>Ay2</td> <td>Rios E. Jorge</td> </tr> <tr> <td>Tec.</td> <td>Eduardo A. Gallardo</td> </tr> <tr> <td>Cond.</td> <td>Guardado R. Aldair</td> </tr> </tbody> </table>		MANO DE OBRA		CARGO	APELLIDOS Y NOMBRES	Op1	Guardado M. Juan	Op2	Manuel E. Galarreta	Ay1	Guzman C. Luis	Ay2	Rios E. Jorge	Tec.	Eduardo A. Gallardo	Cond.	Guardado R. Aldair	<table border="1"> <tr> <td>Actividades Generales</td> <td>Realizar limpieza manual de fisuras previamente señalizadas Aplicar el sello en frio (Soudaflex f40)</td> </tr> <tr> <td>H. de Trabajo</td> <td>11:45 pm - 4:45 am</td> </tr> </table>	Actividades Generales	Realizar limpieza manual de fisuras previamente señalizadas Aplicar el sello en frio (Soudaflex f40)	H. de Trabajo	11:45 pm - 4:45 am
MANO DE OBRA																						
CARGO	APELLIDOS Y NOMBRES																					
Op1	Guardado M. Juan																					
Op2	Manuel E. Galarreta																					
Ay1	Guzman C. Luis																					
Ay2	Rios E. Jorge																					
Tec.	Eduardo A. Gallardo																					
Cond.	Guardado R. Aldair																					
Actividades Generales	Realizar limpieza manual de fisuras previamente señalizadas Aplicar el sello en frio (Soudaflex f40)																					
H. de Trabajo	11:45 pm - 4:45 am																					

**Figura 38.** Registro de datos del personal a realizar sellado en frío en fisuras

Fuente: Propia

Después de tener el registro de los datos del personal a realizar una actividad, se procederá a tomar las mediciones en campo a 5 obreros; entre ellos, operarios y ayudantes. Los datos los tomaré desde un punto estratégico en el cual me permita visualizar a todos los trabajadores y serán tomados en un intervalo de tiempo de 1 minuto. La forma de realizar la medición es observando al trabajador e identificar la actividad que está realizando, luego se califica con un número de acuerdo a la actividad realizada y así sucesivamente con todos los obreros.

El trabajo consta en realizar la limpieza de las fisuras con herramientas manuales (cuchillas, alicates, destornilladores, etc.), ya que debemos tener cuidado con los cables que se encuentran en la parte inferior de las fisuras. Luego de realizar la limpieza, debemos colocar el cordón de espuma de polietileno (eucorod) en toda la longitud de la roza. Por

último, se aplica cuidadosamente el sello en frío (soudaflex fc40), protegiendo con cintas los bordes de las fisuras para evitar derramamientos en la pista de aterrizaje.

Luego se analiza los Trabajos Productivos, Trabajos Contributorios y No Contributorios, para clasificarlos en orden numérico y nos pueda facilitar al momento de registrar la actividad que realiza cada trabajador durante el tiempo de medición.

TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Limpieza de fisuras
2	Colocación del Eucorod
3	Aplicación del sello en frío
TRABAJO CONTRIBUTORIO	
4	Lectura de Planos
5	Corroborar con el revelador de tensión los cables debajo de las fisuras
6	Prender las torres luminarias
7	Transporte de personal, equipos y herramientas
8	Metrar
9	Limpieza del área
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
10	Esperas por vuelos esporádicos
11	Personal en servicios higiénicos
12	Esperas por cruce con otras cuadrillas
13	Esperas por transporte
14	Descansos

Relación de los trabajos productivos, contributorios y no contributorios de la partida de Tratamiento de fisuras y grietas

Fuente: Propia

La toma de medida fue al inicio del día 4 de junio, se hicieron en total 455 mediciones entre 5 trabajadores en intervalos de un minuto, en la Tabla 10 se presentan las actividades ejecutadas por la cuadrilla de la actividad de tratamiento de rozas.

Tabla 10

*Carta Balance 1 de la actividad de Tratamiento de Rozas*

	OP1	OP2	AY1	AY2	AY3	COND.	HORA	TIEMPO (min)
1	13	13	13	13	13	7	11:45	1
2	13	13	13	13	13	7	11:46	1
3	13	13	13	13	13	7	11:47	1
4	13	13	13	13	13	7	11:48	1
5	8	4	6	6	6	6	11:49	1
6	8	4	6	6	6	6	11:50	1
7	8	4	6	6	6	6	11:51	1
8	8	4	4	4	5	6	11:52	1
9	8	4	4	4	5	6	11:53	1
10	1	1	1	1	1		11:54	1
11	1	1	1	1	1		11:55	1
12	1	1	1	1	1		11:56	1
13	1	1	1	1	1		11:57	1
14	1	1	9	9	9		11:58	1
15	1	1	9	9	9	7	11:59	1
16	1	1	9	9	9	7	12:00	1
17	1	1	1	1	9		12:01	1
18	1	4	1	1	9		12:02	1
19	1	4	1	1	9		12:03	1
20	1	1	1	1	9		12:04	1
21	1	1	1	1	1		12:05	1
22	1	1	1	1	1		12:06	1
23	1	1	1	1	1		12:07	1
24	1	2	1	1	1		12:08	1
25	1	2	1	1	1		12:09	1
26	1	2	1	1	1		12:10	1
27	1	2	1	1	1		12:11	1
28	1	2	9	9	9		12:12	1
29	1	2	9	9	9		12:13	1
30	1	2	9	9	9		12:14	1

Carta Balance 1 de la actividad de Tratamiento de Rozas

Fuente: Propia

En la Tabla 10 se observa que, el conductor no realiza ninguna actividad después de trasladar al personal y materiales, esto se debe a que está prohibido que el conductor baje de la movilidad a realizar alguna actividad, ya que por precaución debe mantenerse dentro del vehículo para estar atento a cualquier tipo de emergencia, que en lo particular son los vuelos de emergencia.

De igual manera se realizó la medición para la cuadrilla de sellado en caliente en fisuras y grietas, registrando los datos de los trabajadores, analizando los trabajos productivos, contributorios y no contributorios.

REGISTRO DE DATOS PARA LA CARTA BALANCE			
Fecha	06/06/2020	Proyecto	Recuperación del Nivel de Pavimento en la Pista de Aterrizaje del AIJCH
Partida	Sellado en caliente de fisuras	Ubicación	Pista de Aterrizaje - Baliza N°23 cruce con Calle de Rodaje G
MANO DE OBRA		Actividades	Realizar limpieza de fisuras con máquina cortadora
CARGO	APELLIDOS Y NOMBRES	Generales	Aplicar el sello en caliente
Op1	Rivera Montes Jorge	H. de Trabajo	11:45 pm - 4:45 am
Op2	Colmenares Cardozo Jesus		
Ay1	Fuenmayor Alfredo Carlos		
Ay2	Aguirre Sarabia Gustavo		
Cond.	Santiago Castañeda Tomas		

**Figura 39.** Registro de datos del personal a realizar sellado en frío en fisuras

Fuente:Propia

La partida de tratamiento de fisuras también se realizó en la pista de aterrizaje, entre las balizas 12 y 42, se consideraron de cinco trabajadores; entre ellos, dos operarios para la máquina selladora en caliente y la cortadora de pavimento, dos ayudantes para la limpieza de las fisuras y el conductor que su función principal es el traslado de los trabajadores, materiales y herramientas, como se explicó anteriormente, está prohibido que el conductor baje de su vehículo durante toda la jornada laboral, para evitar contratiempos y salir ante cualquier emergencia de la pista de aterrizaje.

Tabla 11

*Relación de los trabajos productivos, contributorios y no contributorios de la partida de tratamiento de fisuras y grietas*

TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Limpieza de fisuras y grietas
2	Aplicación del sello en caliente
TRABAJO CONTRIBUTORIO	
3	Lectura de Planos
4	Prender/apagar las torres luminarias
5	Transporte de personal, equipos y herramientas
6	Metrar
7	Limpieza del área
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
8	Esperas por vuelos esporádicos
9	Personal en servicios higiénicos
10	Esperas por cruce con otras cuadrillas
11	Esperas por transporte
12	Descansos

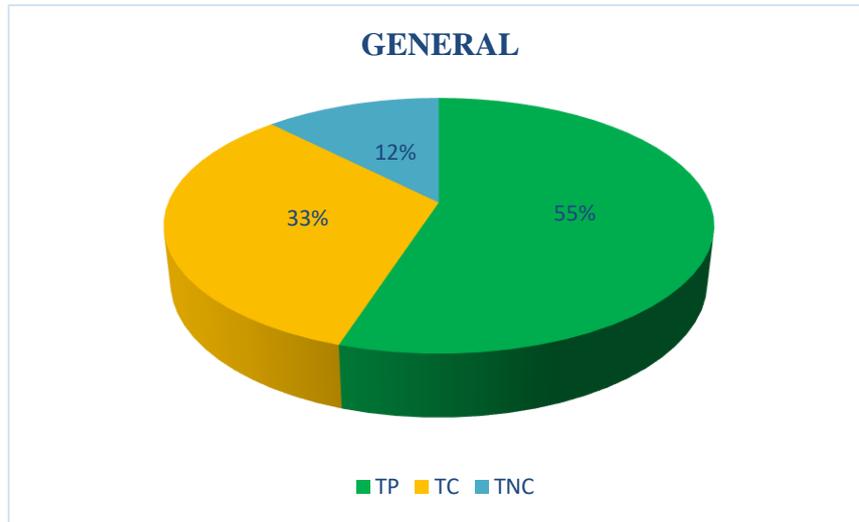
Fuente: Propia

Tabla 12

*Carta Balance 2: actividad de tratamiento de fisuras y grietas*

	OP1	OP2	AY1	AY2	HORA	TIEMPO (min)
1	1	2	7	7	03:15	1
2	1	2	7	7	03:16	1
3	1	2	7	7	03:17	1
4	1	2	7	7	03:18	1
5	1	2	7	7	03:19	1
6	1	2	7	7	03:20	1
7	1	2	7	7	03:21	1
8	1	2	7	7	03:22	1
9	1	2	7	7	03:23	1
10	1	2	7	7	03:24	1
11	1	2	7	7	03:25	1
12	1	2	7	7	03:26	1
13	1	2	7	7	03:27	1
14	1	2	7	7	03:28	1
15	1	2	7	7	03:29	1
16	1	2	7	7	03:30	1
17	1	2	7	9	03:31	1
18	1	2	7	9	03:32	1
19	1	2	7	9	03:33	1
20	12	2	6	9	03:34	1
21	12	2	6	9	03:35	1
22	12	2	6	9	03:36	1
23	1	2	6	9	03:37	1
24	1	2	6	9	03:38	1
25	1	2	6	9	03:39	1
26	1	2	6	9	03:40	1
27	1	2	6	9	03:41	1
28	1	2	6	7	03:42	1
29	1	2	6	7	03:43	1
30	1	2	6	7	03:44	1

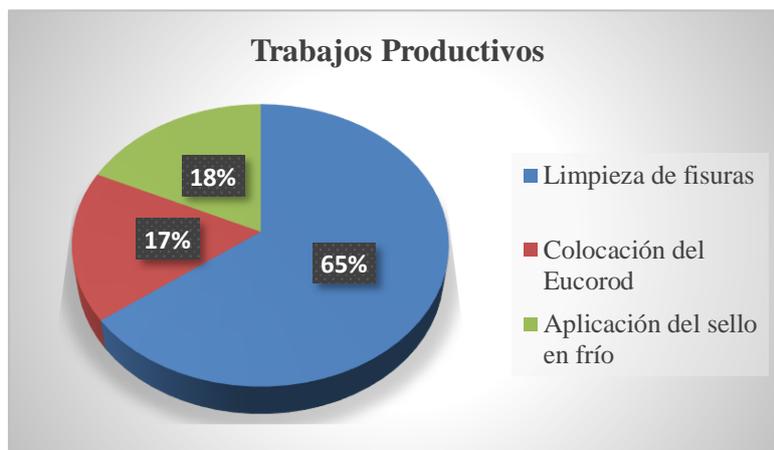
Fuente: Propia



**Figura 40.** Productividad en la actividad de sellado en frío en el tratamiento de rozas

Fuente: Propia

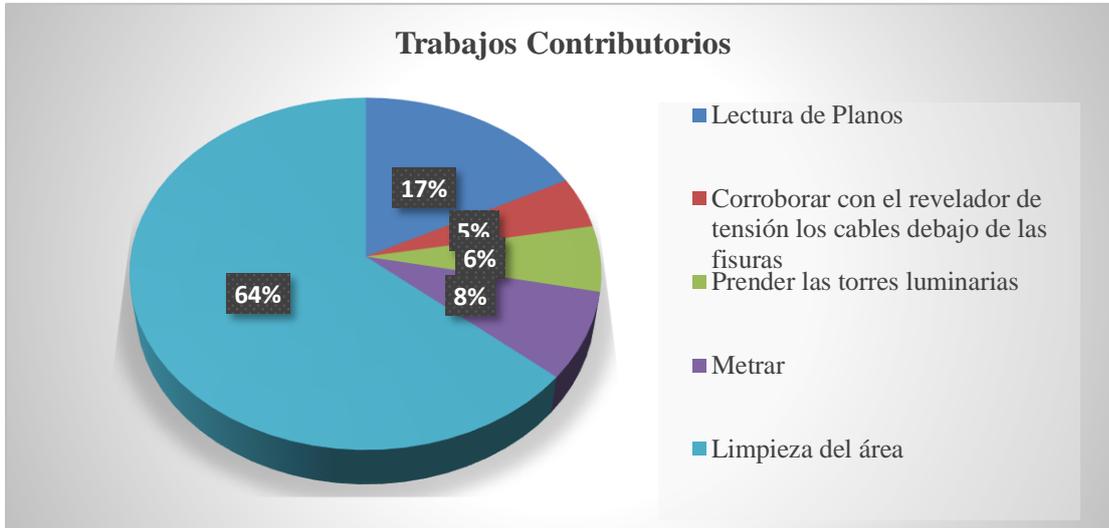
En la figura 40 se puede observar que el 55% de las actividades generales en la partida de tratamiento de rozas son productivas, el 33% de las actividades son contributorias y el 12% no contributorias, recalcar que el porcentaje de los Trabajos No Contributorios es relativamente bajo; ya que, el día de medición no hubo contratiempos como los vuelos de emergencia o esperas por frentes ocupados.



**Figura 41.** Desagregado de los trabajos productivos de la actividad de tratamiento de rozas

Fuente: Propia

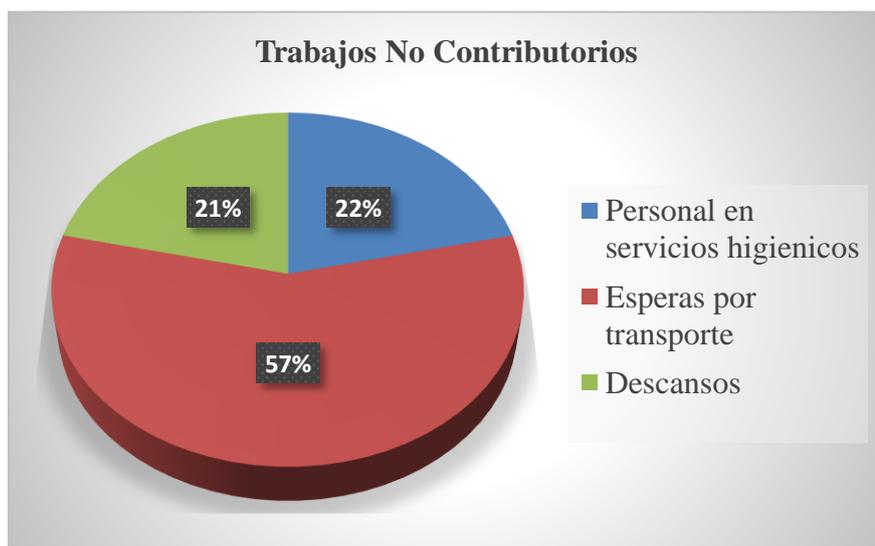
En la Figura 41 se puede observar que, el 65% de los Trabajos Productivos son de Limpieza de fisuras y el 18% es de Aplicación de Sello en Frío. Esto se debe a que, la limpieza manual de las rozas es lenta ya que comparando con el metrado diario ejecutado está por debajo de lo proyectado.



**Figura 42.** Desagregado de los trabajos contributorios de la actividad de tratamiento de rozas

Fuente: Propia

En la Figura 42 se visualiza que, la actividad más resaltante es la limpieza del área de trabajo, pero lo segundo más predominante es el 17% de la actividad de lectura de planos, esto se debe a que el personal aún no se familiariza con los frentes de trabajo.



**Figura 43.** Desagregado de los trabajos no contributorios de la actividad de tratamiento de rozas

Fuente: Propia

En la figura 43 se visualiza que, la actividad con más porcentaje es la espera por transporte, esto se debe a que el personal no puede avanzar a los siguientes frentes sino es en compañía con la movilidad y la torre luminaria; ya que, los trabajos son nocturnos y es imprescindible para la realización de las demás actividades.

### **3.13 Diagnóstico de la situación encontrada antes de la Intervención**

Luego de analizar las actividades en base a la carta balance y la curva de productividad, los diagnósticos son los siguientes:

- La mano de obra en la actividad de Tratamiento de Roza es óptima, pero no cumple con la meta diaria de producción; ya que, los trabajos manuales de limpieza la realizan todos los trabajadores (operarios y ayudantes).
- En la actividad de Tratamiento de Rozas, el responsable del cableado en rozas es CORPAC, que a su vez son los encargados de realizar la desactivación del sistema eléctrico en toda la pista de aterrizaje. Esto trae como consecuencia una deficiencia en la gestión de logística y comunicación.
- La pérdida de material sellador poliuretano es evidente en la actividad de Tratamiento de Fisuras y Gritas, debido a la poca iluminación, inexperiencia del operador de la máquina selladora y la falta de mantenimiento de ésta misma.
- El horario de trabajo solo es de 4 a 5 horas diarias en turno noche, debido a la coyuntura actual. Además, tenemos que tener en cuenta los vuelos de emergencia que ocasionan una pausa en las actividades y esto trae como consecuencia el no cumplimiento de las metas diarias.
- De acuerdo al Pan Maestro, Plan Semanal y LookAhead, no llegaremos a la meta con la producción actual, a causa del metrado diario avanzado y las restricciones presentes en las actividades

### 3.14 Toma de Decisiones de acuerdo al Diagnóstico

De acuerdo al diagnóstico planteado, se tomarán decisiones para mejorar la productividad y optimizar la mano de obra. La planificación planteada es la siguiente:

- Utilizar equipo manual (amoladora), para realizar los trabajos de limpieza en la actividad de Tratamiento de Rozas. Para ello, se necesitará una mano de obra especializada, por el cableado que existe debajo de las rozas y necesitamos que la limpieza sea de 3 cm de profundidad. Si en caso se llegara a cortar un cable, necesitaremos de un especialista eléctrico para solucionarlo inmediatamente.
- El trabajo que realizará el técnico eléctrico es puntual y poco probable de suceder; es por ello que, su trabajo no solo será de solucionar algún corte de cableado que tengamos sino también de ayudante para optimizar los trabajos de mano de obra.
- En la actividad de Tratamiento de Fisuras y Grietas, por motivo de falta de mantenimiento, se tuvo que alquilar una máquina selladora que reemplace a la anterior.
- El desperdicio de la máquina selladora es evidente, esto se debe al grosor de la fisura o grieta. Un ayudante se encargará de recoger todo el desperdicio durante la aplicación del sello en caliente, de tal manera que se pueda reciclar lo mayor posible y evitar las pérdidas en esta actividad.
- El horario de trabajo no puede variar por la situación actual, pero si se puede planificar con los ingenieros responsables, que algunas actividades se realicen domingos y/o feriados (en caso sea necesario).

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1 Resultado 1: Optimización de Mano de Obra en Tratamiento de Rozas

La segunda medición de la actividad Sello en Frío en el tratamiento de Rozas en la Pista de Aterrizaje del AIJCH, se realizó el día 9 de junio. En total fueron 455 mediciones en intervalos de un minuto (11:45 pm – 01:15 am), superando las 384 mediciones que es lo mínimo que recomienda Serpell (1993), para tener resultados estadísticamente correcto.

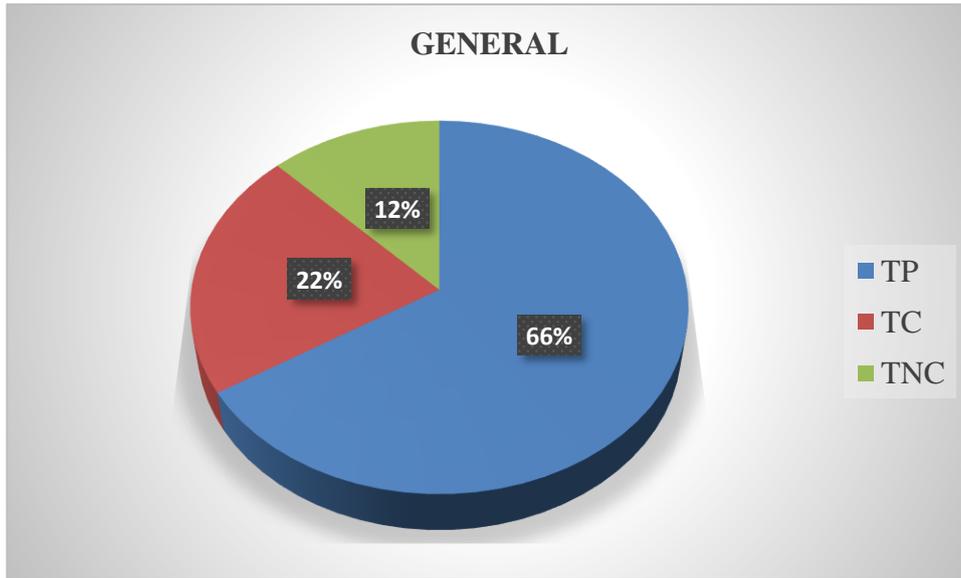
Tabla 13

*Segunda medición de carta balance en la actividad de tratamiento de rozas*

	Op1	Op2	Ay1	Ay2	Tec.	Cond.	Hora	Tiempo (min)
1	13	13	13	13	13	7	11:45	1
2	13	13	13	13	13	7	11:46	1
3	13	13	13	13	13	7	11:47	1
4	13	13	13	13	13	7	11:48	1
5	8	4	6	6	6	6	11:49	1
6	8	4	6	6	6	6	11:50	1
7	8	4	6	6	6	6	11:51	1
8	8	4	4	4	5	6	11:52	1
9	8	4	4	4	5	6	11:53	1
10	1	1	1	1	1		11:54	1
11	1	1	1	1	1		11:55	1
12	1	1	1	1	1		11:56	1
13	1	1	1	1	1		11:57	1
14	1	1	9	9	9		11:58	1
15	1	1	9	9	9	7	11:59	1
16	1	1	9	9	9	7	12:00	1
17	1	1	1	1	9		12:01	1
18	1	4	1	1	9		12:02	1
19	1	4	1	1	9		12:03	1
20	1	1	1	1	9		12:04	1
21	1	1	1	1	1		12:05	1
22	1	1	1	1	1		12:06	1
23	1	1	1	1	1		12:07	1
24	1	1	1	1	1		12:08	1
25	1	1	1	1	1		12:09	1
26	1	1	1	1	1		12:10	1
27	1	1	1	1	1		12:11	1
28	1	1	9	9	9		12:12	1
29	1	1	9	9	9		12:13	1
30	1	1	9	9	9		12:14	1

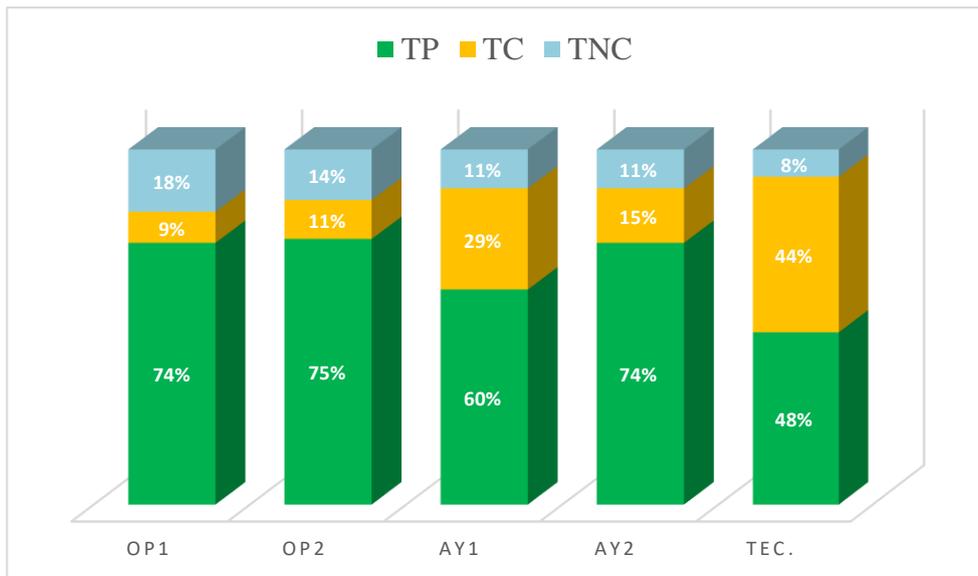
Fuente: Propia

En esta segunda medición se tomaron en cuenta la planificación en base al diagnóstico evaluado en la primera toma de medida. También se reemplazó a un trabajador (ayudante) por un técnico eléctrico que realice la misma función, agregando su experiencia en caso haya un problema de corte de cable en la zona de las rozas. En general, se mantiene la misma cantidad de obreros en la cuadrilla de la actividad de tratamiento de rozas.



**Figura 44.** Productividad en la actividad de sellado en frío en el tratamiento de rozas

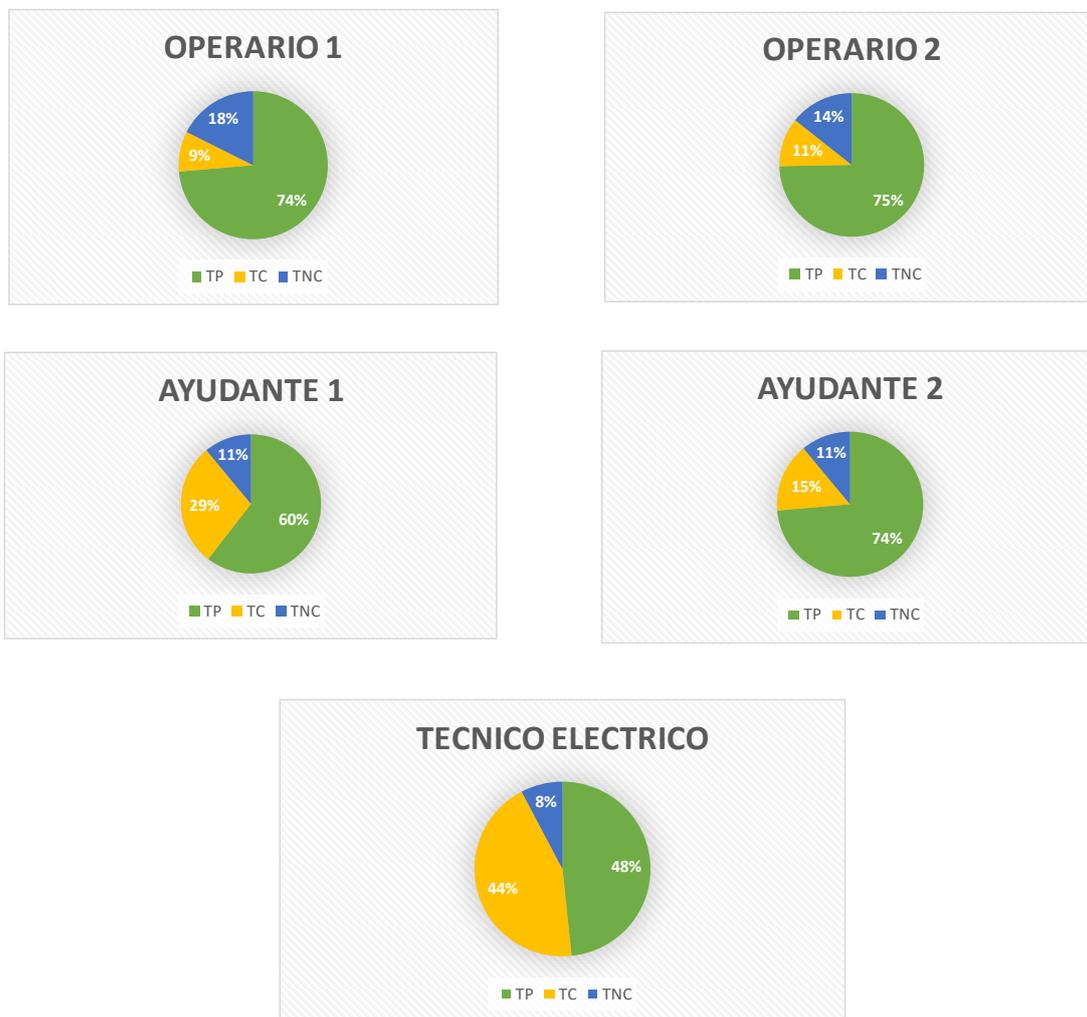
Fuente: Propia



**Figura 45.** Porcentaje de ocupación de cada obrero en la actividad de tratamiento de rozas

Fuente: Propia

En la figura 46 se puede observar de manera desagregada las actividades realizadas por cada obrero; de tal forma que, se pueda comparar la productividad de operarios y ayudantes. Como mencioné anteriormente, se realizó el cambio de un ayudante por un técnico eléctrico, es por ello que los trabajos productivos realizados por este último están por debajo en comparación a los demás ayudantes.



**Figura 46.** Desagregado de actividades por cada trabajador en tratamiento de rozas

Fuente: Propia

## 4.2 Resultado 2: Reducción de Pérdidas en Tratamiento de Fisuras y Grietas

Luego de aplicar lo planificado para la actividad de tratamiento de fisuras y grietas / sellado en caliente, se obtuvo los siguientes resultados en base a la curva de productividad.

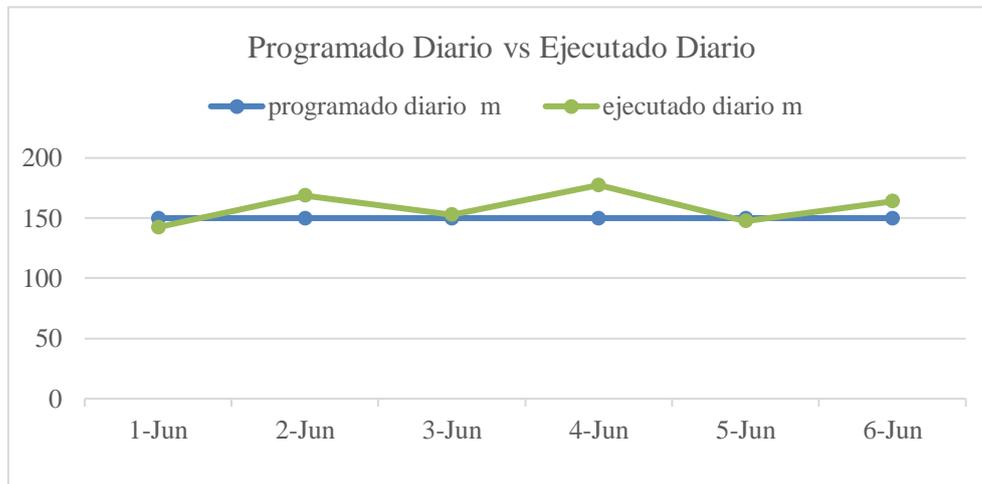
Tabla 14

*Metrado programado y ejecutado en la actividad de tratamiento de fisuras y grietas*

Tratamiento de Fisuras y Grietas	und	1-Jun	2-Jun	3-Jun	4-Jun	5-Jun	6-Jun
programado diario	m	150	150	150	150	150	150
programado acumulado	m	150	300	450	600	750	900
ejecutado diario	m	142.5	168.9	152.8	177.4	147.5	164
ejecutado acumulado	m	720.9	889.8	1042.6	1220	1367.5	1531.5

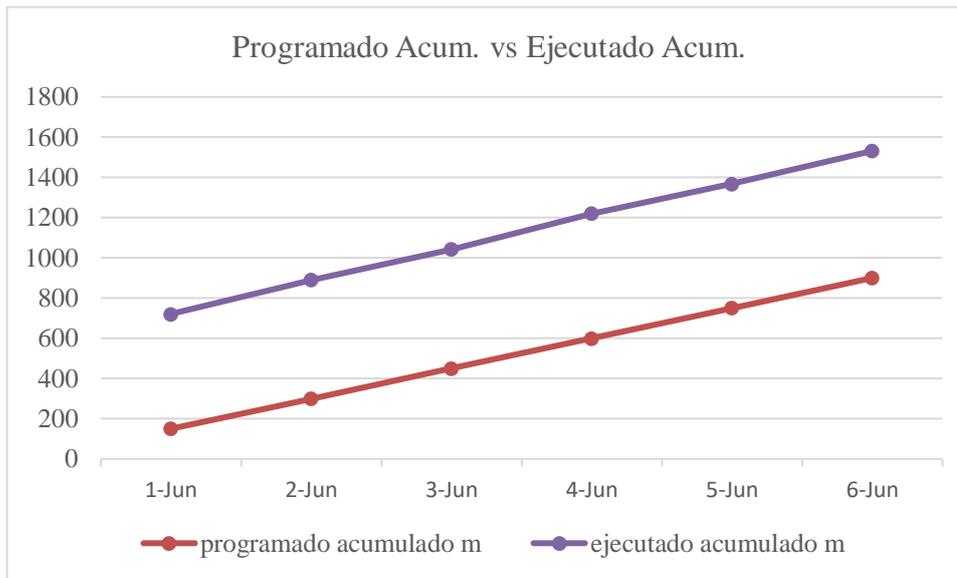
Fuente: Propia

En la Tabla 14 se observa que, en la segunda semana de ejecución de la actividad de tratamiento de fisuras y grietas, ya no existen descansos por falta de mantenimiento de la máquina selladora, por lo tanto, los metrados diarios se acercan al metrado proyectado.



**Figura 47** .Gráfico comparativo de lo programado y ejecutado diario en la actividad de tratamiento de fisuras y grietas

Fuente: Propia



**Figura 48.** Gráfico comparativo de lo programado y ejecutado acumulado en la actividad de tratamiento de fisuras y grietas

Fuente: Propia

En las Figuras 47 y 48 se observa que, en la segunda semana de ejecución se presenta una clara mejora en la producción, superando en la mayoría de los días los 150 ml de sello en caliente.

Tabla 15

*Porcentaje acumulado en la segunda semana de la actividad de tratamiento de fisuras y grietas*

<b>Tratamiento de Fisuras y Grietas</b>	<b>1-Jun</b>	<b>2-Jun</b>	<b>3-Jun</b>	<b>4-Jun</b>	<b>5-Jun</b>	<b>6-Jun</b>
porcentaje de avance real	5%	6%	5%	6%	5%	5%
porcentaje acumulado real	24%	30%	35%	41%	46%	51%

Fuente: Propia

### 4.3 Resultado 3: Reducción en el Costo y Tiempo de Entrega de las Actividades de Tratamiento de Rozas, Fisuras y Grietas

La actividad de tratamiento de rozas se concluyó el 12 de junio, completando los 1200 ml de limpieza y sello en frío. En la Figura 55 se puede observar la comparación de producción que existe entre la primera y segunda semana de actividades.

Tabla 16  
*Segunda semana de la actividad de Tratamiento de Rozas*

<b>Tratamiento de Rozas</b>	und	7-Jun	8-Jun	9-Jun	10-Jun	11-Jun	12-Jun
programado diario	m	100	100	100	100	100	100
programado acumulado	m	700	800	900	1000	1100	1200
ejecutado diario	m	90.5	120.8	157.5	140.9	150	160.2
ejecutado acumulado	m	470.6	591.4	748.9	889.8	1039.8	1200
porcentaje de avance real		8%	10%	13%	12%	13%	13%
porcentaje acumulado real		39%	49%	62%	74%	87%	100%

Fuente: Propia

La actividad de tratamiento de fisuras y grietas culminó el 17 de julio, completando los 3000 ml de limpieza y sellado en caliente. En la Figura 56 se puede observar las tres últimas semanas de ejecución de la actividad.

Tabla 17  
*Segunda semana de la actividad de Tratamiento de Fisuras y Grietas*

<b>Tratamiento de Fisuras y Grietas</b>	und	1-Jun	2-Jun	3-Jun	4-Jun	5-Jun	6-Jun
programado diario	m	150	150	150	150	150	150
programado acumulado	m	150	300	450	600	750	900
ejecutado diario	m	142.5	168.9	152.8	177.4	147.5	164
ejecutado acumulado	m	720.9	889.8	1042.6	1220	1367.5	1531.5
porcentaje de avance real		5%	6%	5%	6%	5%	5%
porcentaje acumulado real		24%	30%	35%	41%	46%	51%

Fuente: Propia

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones basadas en los resultados

- **Conclusión 1:** Analizando el resultado de la actividad de tratamiento de rozas se puede observar en términos generales que los trabajos productivos de todos los trabajadores de la cuadrilla aumentaron en un 11%; así mismo, los resultados individuales de los trabajadores de la cuadrilla de tratamiento de rozas se puede observar que los operarios aumentaron su rendimiento en un 10% y 7% en los trabajos productivos, redujeron los trabajos contributorios y los no contributorios se mantuvieron.
- **Conclusión 2:** Observando los resultados obtenidos en base a la curva de productividad de la actividad de tratamiento de fisuras y grietas; se puede concluir que, la producción a partir de la segunda semana aumentó en un 2% a 4% diario. Así mismo, el promedio de producción diaria de la segunda semana fue de 158.8 ml, teniendo en cuenta que el promedio de avance diario planificado es de 150 ml.
- **Conclusión 3:** Aplicando las herramientas del Lean Construction, como la planificación maestra y el plan semanal, se puede concluir que, la actividad de tratamiento de rozas se culminó con tres días de anticipación a la meta del cronograma de obra, aumentando la productividad diaria promedio de la cuadrilla en un 3% a 5%. Así mismo, la fecha programada para la culminación de la actividad de tratamiento de fisuras y grietas era el 23 de junio y la fecha en la que se ejecutó toda la partida fue el 17 de junio, es decir, se llegó a la meta antes de la fecha programada. Observando las fechas en que se ejecutaron las dos partidas de tratamiento en la pista de aterrizaje, se concluye que hubo una reducción de costo en la mano de obra de 15% en la actividad de tratamiento de rozas y un 12% en la actividad de tratamiento de fisuras y grietas.

## 5.2 Conclusiones basadas en la Experiencia Profesional

- La Carta Balance es una herramienta muy útil en actividades que son repetitivas, porque se crea un flujo continuo y ordenado en favor a la productividad, logrando optimizar la mano de obra en el proyecto.
- Finalmente se concluye que, haciendo uso de las herramientas de la Filosofía Lean Construction, queda demostrado que se redujo las pérdidas y se optimizó la mano de obra en las actividades de tratamiento del pavimento en la pista de aterrizaje del AIJCH.

## 5.3 Recomendaciones basadas en los resultados

- **Recomendación 1:** Se recomienda que se analice en cada actividad, la carta balance y la curva de productividad; ya que la carta balance solo registra los trabajos realizados por el personal obrero, pero no detalla el avance real en metrado programado.
- **Recomendación 2:** Aplicar la curva de productividad al término de cada semana laboral, de esta manera se tendrá un registro del avance ejecutado y lo que falta por ejecutar. Es indispensable que el jefe o ingeniero de producción coordine con el ingeniero residente los contratiempos que afectan el metrado semanal, para tomar decisiones a tiempo y no afecte a la producción en las siguientes semanas.
- **Recomendación 3:** Es recomendable que el Last Planner se realice al finalizar cada semana, ya que es posible eliminar las restricciones en la siguiente semana. Es importante que esta actividad se realice en conjunto con el ingeniero residente, ingeniero de control y los responsables de las cuadrillas. Verificar las causas del no cumplimiento cada semana y realizar la retroalimentación necesaria para no volver a cometer errores.

#### **5.4 Recomendaciones basadas en la experiencia profesional**

- Es recomendable realizar un estudio previo a la ejecución de la actividad de tratamiento de rozas; ya que, por ser una actividad sin antecedentes, no se tienen registros de trabajos similares tan delicados.
- Es recomendable que todos los responsables del proyecto estén involucrados en cada actividad que se realice, de esta manera se pueda tener puntos de vista diferente en la toma de decisiones, para lograr metas que beneficien a la empresa contratista y contratante.

## REFERENCIAS

- AAP. (Diciembre de 2019). Plan de Negocios de Aeropuertos Andinos del Perú. Perú.
- AeroLatinNews. (2019). Industria Aeronáutica. Perú.
- Alarcón, L. (2008). Lean Construction.
- Ballard, G. (2011). *Last Planner System*.
- Botero, L. (2006). Construcción sin pérdidas: análisis de procesos y filosofía Lean Construction. 2. (Legis, Ed.) Colombia.
- Castro, F. (2020). Crecimiento del Sector construcción en el 2019. *PERÚ CONSTRUYE*, 15-17.
- Chiavenato, I. (2011). *Administración de recursos humanos. El capital humano de las organizaciones* (9 ed.). Estados Unidos: McGRAW-HILL.
- CORPAC. (2011). Movimiento Aeroportuario. *Puesto de Control Migratorio*. Lima, Perú.
- De La Vega, H. (Agosto de 2018). Mejora en la Productividad con el Lean Construction.
- Dirección General de Aeronautica Civil. (Agosto de 2005). Definiciones y Acrónimos de la D.G.A.C. 4, 186. Chile.
- Elguera, R., Pílares, N., & Abarca, C. (Marzo de 2015). Propuesta de mejora de la gestión de la cadena administrativa de logística de la empresa constructora Pacco Constructores S.C.R.L. Cuzco, Perú.
- FIM, F. d. (2007). Seguimiento de la Productividad en Obra. (U. I. Santander, Ed.) Colombia.
- Galidez, D. (Febrero de 2020). Falla de Pavimento Flexible. *Revista Mexicana de la Construcción*, 42-45.
- Guzman, & Ojeda. (2011).
- ILC, L. C. (2015). *LEAN CONSTRUCTION*.

- INEI. (octubre de 2019).Crecimiento del Sector Construcción. Lima, Lima, Perú.
- ITC. (2016). *Conservación y Mantenimiento en Aeropuertos*. México:Grupo Aeroportuario del Norte.
- ITC. (2016).Mantenimiento de Pista de Aterrizaje.
- LAP. (03 de 2020). Decreto Supremo 044-2020-PCM. Perú.
- Liker, J. (2003).Las Claves del Exito de TOYOTA. Estados Unidos: Grupo Planeta.
- Martínez, C. (2012). Administración de Organizaciones. 5. Bogotá, Colombia:Universidad Nacional de Colombia.
- Mercado, E., & Diaz, E. (2005).Productividad base de la Competitividad. Noriega Editores.
- MTC. (2016). Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial. 5, 86. Lima, Perú.
- MTC. (12 de Enero de 2018).Glosario de Términos de uso frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial. 7-27. Lima, Perú.
- MVCS. (2020). Resolución Ministerial 87-2020. Perú.
- OIT. (2006). Productividad Laboral.
- Picchi, F. (2003). *Tesis Doctoral.Lean Construction*
- Pons, J. (Marzo de 2014). Introducción a Lean Construction. 1.Fundación Laboral de la Construcción.
- Serpell, A. (1990). Análisis de operaciones mediante cartas. *Revista de Ingeniería y Construcción*.
- Serpell, A., & Ferrada, X. (2009). *La gestión del conocimiento y la industria de la construcción*.
- Solis, R., Martinez, J., & González, J. (26 de Febrero de 2009). Demoras en la construcción de un Proyecto en México. 41. México:Universidad Autónoma de Yucatán.
- Terrel, E. (2020). Crecimiento del sector construcción. *Perú Construye*, 1-2.

Womack, J., & Ross, D. (2004). La Maquina que cambió al Mundo. PROFIT.