# TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO

¨Implementación De La Superestructura Ferroviaria Para El Proyecto Del Tren Maya”

ESTANCIA

Que para obtener el título de
Ingeniera en Mecatrónica

Con la especialidad de
Automatización de Procesos

Presenta:
DIANA LAURA RAMIREZ MENESES
20620453
Asesor:
ING. FRANCISCO JAVIER SANCHEZ RICO

Coacalco Estado de México, Enero/ 2025

## RESUMEN

Este proyecto se centra en la implementación y entendimiento de la superestructura férrea por una empresa nueva en el sector, analizando e intentando optimizar el proceso. La importancia de este proyecto radica en su potencial para superar numerosos desafíos y condiciones adversas, entre los más complejos: la falta de experiencia, la complejidad técnica y la necesidad de aprendizaje y adaptación para implementar soluciones inmediatas, incluso con la falta de experiencia, buscando actualizarse en el área ferroviaria y asegurando la calidad.

El proyecto está estructurado para abordar el proceso de armado de la vía desde la primera capa de balasto hasta la puesta en servicio con maquinaria de última fase. A pesar de la falta de conocimiento inicial, una de las claves del éxito fue la capacidad del equipo para implementar soluciones inmediatas, así como el aprendizaje rápido del personal, adaptándose a las necesidades cambiantes del proyecto.

# ÍNDICE

RESUMEN ..... 2
**ÍNDICE** ..... **3**
**ÍNDICE DE FIGURAS** ..... **5**
**CAPÍTULO I** ..... **12**
**GENERALIDADES DEL PROYECTO** ..... **12**
**INTRODUCCIÓN** ..... **13**
**PROBLEMA A RESOLVER** ..... **14**
**PROPUESTAS Y NECESIDAD DE IMPLANTACIÓN** ..... 14
**CONSECUENCIAS DE NO APLICARSE LA PROPUESTA;** ..... 14
**OBJETIVOS** ..... **15**
**OBJETIVO GENERAL** ..... 15
**OBJETIVOS ESPECÍFICOS** ..... 15
**JUSTIFICACIÓN** ..... **16**
**ALCANCE Y LIMITACIONES** ..... **17**
ALCANCE ..... 17
LIMITACIONES ..... 17
**CAPÍTULO II** ..... **18**
**MARCO TEÓRICO** ..... **18**
*1.- Grupo AS5.* ..... *19*
*2.- Historia de las Vías Férreas* ..... *20*
*3.- Aspectos Fundamentales de las Vías Férreas* ..... *23*
*4- Superestructura de la vía* ..... *31*
*5- Aparato de vía* ..... *51*
*6.- Maquinaria para lograr el proceso de armado de la superestructura* ..... *56*
**CAPÍTULO III** ..... **60**
**DESARROLLO** ..... **60**
*Gestión del proyecto* ..... *61*
*Proceso de Ensamblaje de la Superestructura* ..... *64*
*Colocación de la Primera Capa de Balasto* ..... *64*
*Instalación de Durmientes* ..... *69*
*Fijación* ..... *71*
*Colocación de Rieles* ..... *73*
*Trabelaje y Alineación* ..... *84*
*Unión de Rieles (Soldadura Aluminotérmica)* ..... *88*
*Rol de Auxiliar de Obra* ..... *93*
*Armado de un Aparato de Cambio de Vía* ..... *97*
*Condiciones y Desafíos del Proyecto* ..... *130*

**CAPÍTULO IV** ..... **136**

**RESULTADOS** ..... **136**

*Eficiencia en el Ensamblaje* ..... *137*
*Capacitación del Personal:* ..... *141*
*Productividad* ..... *142*
*Implementación de Soluciones Inmediatas* ..... *143*
*Condiciones del Campamento* ..... *143*
*Gestión de Recursos* ..... *145*
*Sostenibilidad* ..... *146*
*Lecciones Aprendidas* ..... *146*
*Comunicación Efectiva* ..... *147*
*Capacitación Continua* ..... *148*

**CONCLUSIONES** ..... **150**

**OBJETIVOS EDUCACIONALES** ..... **151**

**INGENIERÍA MECATRÓNICA.** ..... **152**

**FUENTES DE INFORMACIÓN** ..... **154**

**ANEXOS** ..... **156**

# ÍNDICE DE FIGURAS

**FIGURA 1 SISTEMA FERROVIARIO MEXICANO EN 2022** ..... **19**
**FIGURA 2 "PRIMER FERROCARRIL CON TRACCIÓN DE VAPOR"** ..... **20**
**FIGURA 2.1 "LAS PRIMERAS LOCOMOTORAS"** ..... **21**
**FIGURA 3 "DISTANCIA ENTRE DURMIENTES"** ..... **24**
**FIGURA 3.1 "ESQUEMA EN PLANA"** ..... **24**
**FIGURA 3.2 "MOVIMIENTO DE BALANCEO "** ..... **25**
**FIGURA 3.3 "MOVIMIENTO DE LAZO "** ..... **25**
**FIGURA 3.3 "CENTRO DE GRAVEDAD "** ..... **26**
**FIGURA 3.4 "ADAPTABILIDAD A LA CONICIDAD"** ..... **26**
**FIGURA 3.5 "MOVIMIENTO DE LAZO CON RUEDAS TRONCOCÓNICAS"** ..... **26**
**FIGURA 3.6 "COMPORTAMIENTO EN CURVA "** ..... **27**
**FIGURA 3.7 "ESQUEMA PLATAFORMA FERROVIARIA "** ..... **29**
**FIGURA 3.8 "ANÁLISIS DEL PERALTE"** ..... **29**
**FIGURA 3.9 "ILUSTRACIÓN DE PERALTE"** ..... **30**
**FIGURA 3.9.1 "ALTURA DE LA RASANTE"** ..... **30**
**FIGURA 4.0 "MAQUINA TRITURADORA "** ..... **32**
**FIGURA 4.1 "DIFERENTES PERFILES DE RIEL"** ..... **33**
**FIGURA 4.2 "RIEL VIGNOLE DE PERFIL Y SUS PARTES PRINCIPALES"** ..... **33**
**FIGURA 4.3 "PERFIL 80 LB/YD"** ..... **35**
**FIGURA 4.4 "PERFIL 85 LB/YD"** ..... **36**
**FIGURA 4.5 "PERFIL 90 LB/YD"** ..... **36**
**FIGURA 4.6 "PERFIL 110 LB/YD "** ..... **37**
**FIGURA 4.7 "PERFIL 100 LB/YD"** ..... **37**
**FIGURA 4.8 "PERFIL LB/YD "** ..... **38**
**FIGURA 4.9 "PERFIL 15 LB/YD"** ..... **38**
**FIGURA 4.9.1 "PERFIL 136 LB/YD"** ..... **39**
**FIGURA 4.9.2" PERFIL 140 LB/YD"** ..... **39**
**FIGURA 4.9.3 "VÍA ARMADA SOBRE DURMIENTES DE MADERA"** ..... **41**
**FIGURA 4.9.4 "VÍA ARMADA DE HORMIGÓN"** ..... **41**
**FIGURA 4.9.5 DURMIENTES DE HORMIGÓN** ..... **42**
**FIGURA 4.9.6 "GRAFICA ESFUERZO/DEFORMACIÓN TÍPICA DEL ACERO"** ..... **43**

**FIGURA 4.9.7 "COMPONENTE DE LA FIJACIÓN RNY"** ..... **45**
**FIGURA 4.9.8 "COMPONENTE DE LA FIJACIÓN "** ..... **46**
**FIGURA 4.9.9 "FIJACIÓN PANDROL YA ENSAMBLADA"** ..... **47**
**FIGURA 5 "FIJACIÓN NABLA ENSAMBLADA Y COMPONENTES"** ..... **48**
**FIGURA 5.1 "ENSAMBLE SKL"** ..... **49**
**FIGURA 5.1.1 "ENSAMBLE CLIP E"** ..... **49**
**FIGURA 5.1.2 "ENSAMBLE KPO"** ..... **50**
**FIGURA 5.2 "DESVIÓ"** ..... **51**
**FIGURA 5.3 "ESCAPE"** ..... **51**
**FIGURA 5.4 "TRAVESÍA"** ..... **52**
**FIGURA 5.5 UNIÓN DOBLE** ..... **52**
**FIGURA 5.6 "NOMENCLATURA SIMPLE DE UN CAMBIÓ DE VÍA"** ..... **53**
**FIGURA 5.7 "EXPLICACIÓN SIMPLE DE UN CAMBIO DE VÍA"** ..... **54**
**FIGURA 5.8 "PARTES DE UN CAMBIO DE VÍA"** ..... **54**
**5.9 "NOMENCLATURA DEL SAPO CON ESPECIFICACIÓN DE NUMERO DE SAPO Y ÁNGULO"** ..... **55**
**6.0 "MULTICALZADORA JACKSON 6700S"** ..... **56**
**FIGURA 6.1 BALASTERA KERSHAW 26 2 1 REGULATOR"** ..... **57**
**FIGURA 6.1.1 "DESCLAVADORA SOBRE VÍA"** ..... **58**
**FIGURA 6.2 INSERTADOR DE DURMIENTES TR1 FAIRMONT TAMPER** ..... **58**
**FIGURA 6.2.1 "ESCARIFICADOR EN VÍA"** ..... **59**
**FIGURA 7.0 "CAMPAMENTOS EN CONHUAS"** ..... **61**
**FIGURA 7.1 "INSTALACIÓN INTERIOR DEL CAMPAMENTO"** ..... **62**
**FIGURA 7.2 "OFICINAS DE AS5"** ..... **62**
**FIGURA 7.3 "CONTENEDOR ROCHER"** ..... **62**
**FIGURA 7.4" BAÑOS"** ..... **63**
**7.5 "PASILLO POR DENTRO DEL CONTENEDOR"** ..... **63**
**7.6 "REGADERAS DENTRO DEL CONTENEDOR"** ..... **63**
**FIGURA 7.6.1 "PUESTA EN MARCHA DE VOGELE"** ..... **65**
**FIGURA 7.7 DESCARGA DE BALASTO PARA FORMACIÓN DE LA PRIMERA CAPA DE BALASTO"** ..... **65**
**FIGURA 7.8 "TENDIDO DE BALASTO"** ..... **66**
**FIGURA 7.9 "PRIMERA CAPA DE BALASTO CUMPLIENDO CON ESPECIFICACIONES"** ..... **66**
**FIGURA 8.0 "BALASTO COMPACTADO PARA LA INSTALACIÓN DE DURMIENTES"** ..... **67**
**FIGURA 8.1 "SPRAY JET VOGELE"** ..... **68**
**FIGURA 8.1.1 "DESCARGA DE BALASTO SOBRE VOGELE"** ..... **68**

**FIGURA 8.2 DL GROUPE. (2016) * HIAB DE 550-2. RECUPERADO DE MJLGROUPE.COM"** ..... **69**

**FIGURA 8.3 "COLOCACIÓN Y ORDEN DE DURMIENTES EN LA CAPA DE BALASTO"** ..... **69**

**FIGURA 8.4 "VIAL LLC. (2015). RECUPERADO DE TRASLADO, COLOCACIÓN Y ORDEN DE DURMIENTES** ..... **70**

**FIGURA 8.4.1 "DURMIENTES ANTES DE LA ALINEACIÓN"** ..... **71**

**FIGURA 8.5 "ALMOHADILLAS, PLACAS ACODADAS, TIRAFONDOS Y CLIPS ANTES DE SER COLOCADOS"** ..... **72**

**FIGURA 8.6 "FIJACIÓN YA UBICADA AL DURMIENTE"** ..... **72**

**FIGURA 8.7 "MANIOBRAS REALIZADAS EN TRAMO"** ..... **73**

**FIGURA 8.8 "BARRETAS UTILIZADAS"** ..... **73**

**FIGURA 8.9 "TRASLADO DE RIEL PARA SU POSTERIOR COLOCACIÓN"** ..... **74**

**FIGURA 9 "PAR DE RIELES YA MONTADOS EN DURMIENTES"** ..... **74**

**FIGURA 9.1 "DESCARGA DE RIELES"** ..... **75**

**FIGURA 9.1.1 "DESCARGA DE RIELES EN UNA UBICACIÓN NO FAVORABLE"** ..... **75**

**FIGURA 9.2 "TENDIDO DE RIELES DESDE UNA MALA UBICACIÓN DE DESCARGA"** ..... **76**

**FIGURA 9.3 COLOCACIÓN DE RIELES DESDE UN PUNTO MAL UBICADO DE LA DESCARGA"** ..... **76**

**FIGURA 9.4 "ALINEACIÓN DE RIEL, DEBIDO A FALTA DE ALINEACIÓN DE DURMIENTES"** ..... **77**

**FIGURA 9.5 "RIEL ANTES DE AJUSTAR FIJACIÓN"** ..... **78**

**FIGURA 9.6 "RIEL CON AJUSTE DE FIJACIÓN EN UN TIRAFONDO Y EL OTRO NO"** ..... **78**

**FIGURA 9.7 "RIEL CON AJUSTE DE FIJACIÓN CARA ACTIVA"** ..... **79**

**FIGURA 9.8 "APRIETE DE TORNILLERÍA CON TIRAFONDERA"** ..... **79**

**FIGURA 9.9 "APRIETE DE TORNILLERÍA CON CRUCETAS** ..... **80**

**FIGURA 9.10 "LEVANTAMIENTO DE DURMIENTES A CAUSA DE APRIETE DE TORNILLERÍA"** ..... **80**

**FIGURA 10.1 "CORTE DE CUPONES"** ..... **81**

**FIGURA 10.1.1 "LLEGADA DE LA GRÚA A TRAMO Y MONTADA SOBRE LA VÍA"** ..... **81**

**FIGURA 10.2 "PINZAS PARA RIEL YA COLOCADAS"** ..... **82**

**FIGURA 10.3 "GATOS UTILIZADOS"** ..... **83**

**FIGURA 10.4 TRABELAJE DE Y ALINEACIÓN DE DURMIENTES"** ..... **84**

**FIGURA 10.5 MARCACIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE DURMIENTES CON EL AVIÓN"** ..... **85**

**FIGURA 10.5.1 "EQUIPO DE TRABELAJE"** ..... **85**

**FIGURA 10.6 "BRIDAS"** ..... **86**

**FIGURA 10.7 SE QUITAN TORNILLOS Y SE AMOLDA LA BRIDA POR AMBAS CARAS DEL RIEL"** ..... **86**

**FIGURA 10.8 "UNA VEZ AJUSTADO SE ALINEAN LOS RIELES PARA LA COLOCACIÓN DE TORNILLOS"** ..... **87**

**FIGURA 10.9 UNA VEZ ALINEADOS 1SE HACE APRIETE DE TORNILLERIA"** ..... **87**

**FIGURA 11 "CAMIÓN SOLDADOR"** ..... **88**

**FIGURA 11.1 "SOLDANDO POR CHISPORROTEO"** ..... **88**

**FIGURA 11.2 "SOLDANDO POR CHISPORROTEO DE DÍA"** ..... **89**

**FIGURA 11.3 ESMERILADO DEL RIEL DESPUÉS DE SOLDADURA"** ..... **89**

**FIGURA 11.4 CALA SOLDADA Y PREVIAMENTE ESMERILADA LISTA PARA LIBERACIÓN"** ..... **90**

**FIGURA 11.4.1 "DESCARGA DE LA SEGUNDA CAPA DE BALASTO"** ..... **91**

**FIGURA 11.4.2 "VÍA ORDINARIA LIBERADA PARA SEGUNDA CAPA DE BALASTO"** ..... **91**

**FIGURA 11.4.3 " LLEGADA DE LA MULTICALZADORA A LA ESTACIÓN"** ..... **92**

**FIGURA 11.5 SEGUNDA CAPA DE BALASTO HASTA LA ESTACIÓN"** ..... **92**

**FIGURA 11.6 "TENDIDO DE LA SEGUNDA CAPA DE BALASTO EN ESTACIÓN"** ..... **93**

**FIGURA 11.7 "BALASTO CONTAMINADO POR MANIOBRA DE LA EMPRESA CONTRATANTE"** ..... **94**

**FIGURA 11.8 CAPACITACIÓN PARA USO DE TI TIRAFONDERA"** ..... **95**

**FIGURA 12 "PLATICAS DE SEGURIDAD"** ..... **96**

**FIGURA 12.1 "CAPACITACIÓN PARA USO DE LA CORTADORA"** ..... **96**

**FIGURA 12.2 "CAPACITACIÓN PARA MANIOBRAS EN IZAJES"** ..... **97**

**FIGURA 12.3 "DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL CAMBIO DE VÍA"** ..... **98**

**FIGURA 12.4 "CAJAS DE FIJACIONES EN TRAMO"** ..... **100**

**FIGURA 12.4.1 "INICIO DE ALINEACIÓN VISUAL"** ..... **101**

**FIGURA 12.5 "DURMIENTES DE APARATOS Y VÍA ORDINARIA ANTES EN PROCESO DE ALINEACIÓN"** ..... **101**

**FIGURA 12.6 DURMIENTES DEL DESVIÓ YA ALINEADO VISUALMENTE, SIN PUNTO TOPOGRÁFICO"** ..... **102**

**FIGURA 12.7 "ALMOHADILLAS COLOCADAS EN APARATO"** ..... **103**

**FIGURA 12.8 "INICIANDO COLOCACIÓN DE PLACAS DE ASIENTO"** ..... **104**

**FIGURA 12.9 "NEOPRENOS COLOCADOS"** ..... **104**

**FIGURA 13 "PLACAS DE ASIENTO DE DIFERENTES DIMENSIONES"** ..... **104**

**FIGURA 13.1 "PLACAS DE ASIENTO SOBRE NEOPRENOS"** ..... **105**

**FIGURA 13.1.1 TERMINO DE ACTIVIDAD CON PLACAS DE ASIENTO"** ..... **105**

**FIGURA 13.2 "ALMOHADILLAS COLOCADAS SOBRE PLACA DE ASIENTO EN APARATO"** ..... **106**

**FIGURA 13.3 "FIJACIÓN COLOCADA EN SU LUGAR ANTES DE LA COLOCACIÓN DE LAS PARTES DEL APARATO DE CAMBIO"** ..... **107**

**FIGURA 13.4 "LIMPIEZA DE ÁREA"** ..... **108**

**FIGURA 13.5 "COLOCACIÓN DE VIA ORDINARIA FALTANTE"** ..... **108**

**FIGURA 13.6 "COLOCACIÓN DEL CORAZÓN EN APARATO DERECHO"** ..... **109**

**FIGURA 13.7 "MOVIMIENTO DE FIJACIÓN PARA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA CONTRATANTE"** ..... **109**

**FIGURA 13.8 "CONTENIDO DE LAS CAJAS DEL APARATO"** ..... **110**

**FIGURA 13.9 "CONTENIDO DE LAS CAJAS DEL APARATO"** ..... **110**

**FIGURA 13.9.1 "NO HABÍA PIEZAS DE FIJACIÓN DE REPUESTO"** ..... **111**

**FIGURA 13.9.2 "ARMANDO JUEGOS DE LA FIJACIÓN"** ..... **111**

**FIGURA 13.9.3 "ENSAMBLAJE DEL APARATO DE CAMBIO DE VÍA"** ..... **112**

**FIGURA 13.9.4 "COLOCACIÓN DE LAS PLACAS DE ASIENTO Y FIJACIÓN DE LOS CONTRARÍELES"** ..... **112**

**FIGURA 13.9.5 "APRIETE DE TORNILLERÍA EN LA ZONA DEL CORAZÓN"** ..... **113**

**FIGURA 14 "APRIETE DE TORNILLERÍA EN LA ZONA DE LOS RIELES INTERMEDIOS"** ..... **113**

**FIGURA 14.1" FIJACIÓN INDIRECTA DEL TALÓN DEL APARATO Y RIELES INTERMEDIOS"** ..... **114**

**FIGURA 14.2 "FIJACIÓN CONTRARÍELES"** ..... **114**

**FIGURA 14.3 "FIJACIÓN AGUJAS"** ..... **115**

**FIGURA 14.4 "FIJACIÓN YA INCLUIDA EN LA PARTE DE LAS AGUJAS** ..... **115**

**FIGURA 14.5 "FIJACIÓN COMPLEMENTARIA CORREDIZA PARA LAS AGUJAS"** ..... **116**

**FIGURA 14.6 "FIJACIÓN COMPLEMENTARIA CENTRAL DEL CORAZÓN"** ..... **116**

**FIGURA 14.6.1 "MOSTRANDO COMO SE COLOCA LA FIJACIÓN"** ..... **117**

**FIGURA 14.7 "COLOCANDO COMPLEMENTOS DE LAS FIJACIONES"** ..... **117**

**FIGURA 14.7.1 "PERFIL DE MECANIZADO DE LA CABEZA DE LA AGUJA"** ..... **118**

**FIGURA 14.7.2" DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL LIMITADOR DEL TALÓN DEL DESVIÓ"** ..... **118**

**FIGURA 14.7.3 "PUNTO SE TRACCIÓN DEL DESVIÓ"** ..... **119**

**FIGURA 14.7.4 "ESTRUCTURA DE SUJECIÓN DE DISTANCIA DE SOPORTE DE FORMA DIFERENCIAL DEL EXTREMO FIO DEL DESVIÓ"** ..... **119**

**FIGURA 14.7.5" ESQUEMA DEL DISPOSITIVO DE ELIMINACIÓN ANTI-SALTO** ..... **119**

**FIGURA 14.7.6 "SISTEMA DE SUJECIÓN"** ..... **120**

**FIGURA 14.8 COMENZANDO ALINEAMIENTO HACIA PUNTOS TOPOGRÁFICOS"** ..... **120**

**FIGURA 14.9 ALINEANDO TALONES DE APARATO"** ..... **121**

**FIGURA 15 "ALINEANDO CORAZÓN"** ..... **121**

**FIGURA 15.1 "ALINEANDO APARATO DERECHO"** ..... **122**

**FIGURA 15.2 APARATO IZQUIERDO EN GUÍA DE TOPOGRAFÍA"** ..... **122**

**FIGURA 15.3 "APARATO DE CAMBIO TERMINADO Y ALINEADO A LAS MARCAS TOPOGRÁFICAS"** ..... **123**

**FIGURA 15.4 APARATO DE CAMBIO TERMINADO Y ALINEADO JUNTO CON VÍAS ORDINARIAS"** ..... **123**

**FIGURA 15.5 "MANIOBRA PARA COLOCACIÓN DE CUPONES"** ..... **124**

**FIGURA 15.6 "CAMINO DE SERVICIO Y MUESTRA DEL DESNIVEL"** ..... **124**

**FIGURA 15.7 "DESGUARNECIDO MANUAL PARA NIVELACIÓN"** ..... **125**

**FIGURA 15.8 "VÍA NIVELADA"** ..... **125**

**FIGURA 15.9 "COLOCACIÓN DE LOS CUPONES RESTANTES"** ..... **126**

**FIGURA 15.9.1 "COLOCACIÓN SEGUNDA CAPA DE BALASTO"** ..... **126**

**FIGURA 16 "ESPARCIDO DE BALASTO CON EXCAVADORA"** ..... **127**

**FIGURA 16.1" PASO DE BATEADORA POR VÍAS"** ..... **127**

**FIGURA 16.2 "NIVELANDO VÍAS ORDINARIAS"** ..... **128**
**FIGURA 16.3 "APARATOS DE CAMBIO TERMINADOS"** ..... **128**
**FIGURA 16.4 "BAÑADOR PARA EL PERSONAL DE AS5"** ..... **131**
**FIGURA 16.5 "AGUA QUE SE UTILIZABA PARA EL ASEO DEL PERSONAL"** ..... **131**
**FIGURA 16.6 "BAÑO Y DUCHA NUEVO CAMPAMENTO** ..... **132**
**FIGURA 16.7 "CHOSA-CAMPAMENTO"** ..... **133**
**FIGURA 16.8 "PLANO ANTES DE INSTALACION AGUJAS Y RIELES INTERMEDIOS"** ..... **137**
**FIGURA 16.9 "PLANO ANTES DE INSTALACION CORAZON Y CONTRARIELES"** ..... **137**
**FIGURA 17 "PLANO ANTES DE INSTALACION TALON DEL CAMBIO DE VIA"** ..... **138**
**FIGURA 17.1 "PLANO CON INSTALACION DE FIJACION AGUJAS"** ..... **138**
**FIGURA 17.2 "PLANO CON INSTALACION DE FIJACION AGUJAS"** ..... **139**
**FIGURA 17.3 "PLANO CON INSTALACION DE FIJACION RIELES INTERMEDIOS"** ..... **139**
**FIGURA 17.4 "PLANO CON INSTALACIÓN DE FIJACION CORAZON DEL APARATO DE VIA"** ..... **140**
**FIGURA 17.5 "CAMPAMENTO DE MUJERES Y CUADRILLA DE COLOCACIÓN DE RIELES EN CONHUAS"** ..... **144**
**FIGURA 17.6 "PERSONAL EN CONDICIONES PRECARIAS EN TODA LA ESTANCIA DEL PROYECTO"** ..... **144**
**FIGURA 17.7 "EJEMPLO DE LOS INFORMES DIARIOS"** ..... **145**

**TABLA 1 "CLASE DE VÍA SEGÚN ÍNDICE DE IMPORTANCIA"** ..... **23**
**TABLA 2 "ANCHO DE VÍA PERMITIDO EN CURVAS HORIZONTALES POR FNM"** ..... **28**
**TABLA 3 "CALIDAD DE TERRAPLÉN"** ..... **28**
**TABLA 4 CALIDAD DEL BALASTO EN BANCOS DE MÉXICO 2023** ..... **31**
**TABLA 5 "COMPOSICIÓN DEL RIEL"** ..... **40**
**TABLA 6 "TIPOS DE DURMIENTES DE CONCRETO SEGÚN LA NOM-048/1-SCT2-200"** ..... **43**
**TABLA 6.1" MODIFICACIONES DE MAQUINARIA PARA ASFALTO ADAPTADA A VÍAS FÉRREAS"** ..... **67**
**TABLA 7 "ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL HIAB DE LA EMPRESA"** ..... **72**
**TABLA 8 "ESPECIFICACIONES DE LA HERRAMIENTA BÁSICA"** ..... **73**
**TABLA 9 ESPECIFICACIONES BÁSICAS DEL PULPO** ..... **73**
**TABLA 10 "ESPECIFICACIONES DE LAS PINZAS PARA RIEL"** ..... **82**
**TABLA 11 "DETALLES DE LA HERRAMIENTA UTILIZADA"** ..... **82**
**TABLA 12 "ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA TIRAFONDERA"** ..... **83**
**TABLA 13 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL TITAN"** ..... **83**
**TABLA 14 "ESMERILADORA PARA RIEL"** ..... **90**
**TABLA 15 "PARÁMETROS CLAVE GENERALES DEL DESVIÓ"** ..... **99**
**TABLA 17 "DIMENSIONES GEOMÉTRICAS Y PARÁMETROS DE LOS CRUZAMIENTOS Y CONTRACARRILES EN MILÍMETROS"** ..... **99**

**TABLA 18 COMPARATIVA DE LAS ACTIVIDADES Y SUS FASES MEDIANTE LAS QUE SE TRABAJÓ LA SOSTENIBILIDAD"** ..... **146**

**TABLA 19 "CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES QUE DEBÍA TENER AS5 ANTES DE INICIAR ACTIVIDADES"** ..... **147**

**GRAFICA 1 "ESTADÍSTICA DE PRODUCTIVIDAD DE MONTAJE DE RIELES ANTES Y DESPUÉS DE LA CAPACITACIÓN"** ..... **141**

**GRAFICA 2 "ESTADÍSTICA DE LA COLOCACIÓN DURMIENTES ANTES Y DESPUÉS DE LA CAPACITACIÓN"** ..... **141**

**GRAFICA 3 "ESTADÍSTICA DEL TRABELAJE ANTES Y DESPUÉS DE UNA CAPACITACIÓN"** ..... **142**

**GRAFICA 4 "AVANCE DE LA OBRA HASTA OCTUBRE 2024"** ..... **143**

**GRAFICA 5 "CANALES DE COMUNICACIÓN Y SU EFICIENCIA EN AS5"** ..... **148**

**DIAGRAMA 1 "PLAN DE CAPACITACIÓN BÁSICO QUE SE UTILIZÓ EN AS5"** ..... **149**

# CAPÍTULO I

# GENERALIDADES DEL PROYECTO

# INTRODUCCIÓN

El Tren Maya es uno de los proyectos de infraestructura más ambiciosos en México, diseñado para mejorar la conectividad y fomentar el desarrollo económico en la región sureste del país. Este proyecto no solo busca mejorar el transporte, sino también impulsar el turismo y el comercio en la región. El proyecto del Tren Maya abarca más de 1,500 kilómetros de vías férreas, conectando importantes destinos turísticos y comunidades locales y nosotros como empresa que brinda sus servicios como contrasta nos centraremos en el tramo 7 de Chetumal a Escárcega que abarca 256.1 km, en el frente 5 del pk 180+400 al 147+000 que corresponderían a 33 km en el poblado de Conhuas, Campeche, el frente 5 incluye la estación CALAKMMUL donde se colocó, alineo, trabeleo y armado la vía junto con 4 aparatos de cambio.

Este estudio se centra en la implementación de infraestructura ferroviaria por una empresa nueva en el sector, analizando y optimizando el proceso de ensamblaje de las vías y la calidad de la infraestructura ferroviaria.

- La importancia del proyecto radica en su potencial para transformar la conectividad y el desarrollo económico y social de la región sureste de México.
- Aborda los desafíos específicos que enfrenta una empresa nueva en el sector ferroviario, incluyendo la falta de experiencia, la complejidad técnica del proyecto y la necesidad de capacitación especializada para el personal.
- Se Presentaron grandes dificultades debido a la falta de información y actualización puesto que México no está muy actualizado en vías ferroviarias y hay poca información disponible sobre el tema, por lo que debemos actualizarnos en vías.
- Inexperiencia en el Sector incursionando por primera vez en el armado de vías ferroviarias, lo que presenta un desafío adicional en términos de aprendizaje y adaptación.

El trabajo está estructurado para abordar el proceso del armado de la vía desde la primera capa de balasto hasta la ejecución de la alineación con maquinaria hasta la supervisión y control. Se utilizarán métodos de investigación, análisis de datos de campo y estudios de caso.

- ¿Cuál es el método empleado en el trabajo?

Análisis Documental: Revisión de literatura y estudios previos sobre infraestructura.

Estudio de Caso: Análisis detallado de la implementación de infraestructura ferroviaria por una empresa nueva en el sector, enfocándose en las etapas críticas del proceso de ensamblaje.

Capacitación: Basado en las necesidades y desafíos identificados.

Monitoreo del progreso y la efectividad de las estrategias implementadas.

La metodología remite a la teoría, a la técnica e instrumentos; a la muestra; al tipo de investigación.

- Dependencia de Datos: La investigación dependerá de los datos y recursos proporcionados por la empresa y otros actores involucrados en el proyecto.
- Restricciones Presupuestarias y de Tiempo: Posibles limitaciones en el presupuesto y tiempo que puedan afectar la implementación de las recomendaciones.

# PROBLEMA A RESOLVER

El proyecto se sitúa en 30 km del tramo 7 del Tren Maya, en el poblado de Conhuas, abarcando la estación "Calakmul". En esta ubicación se han ensamblado los aparatos de cambio de vía, fundamentales para el funcionamiento de la estación del tren, mientras los otros 23 km son de vía ordinaria.

Enfrentamos desafíos y dificultades a nivel empresa por ser nuevos en el Sector Ferroviario, en términos de recursos, experiencia y competencia.

La Complejidad de la Infraestructura Ferroviaria crea problemas técnicos y logísticos en el proceso de construcción de vías férreas y el armado de aparato de cambio de vía ya que no se contaba con nadie que antes hubiera armado un aparato de origen chino.

Se nos presentan retos particulares asociados con el proyecto del Tren Maya, como el impacto ambiental no solo por el área que abarca tanto la construcción civil o el paso del tren, sino también la falta de conocimiento por parte de los miles de trabajadores que se encuentran participando, la coordinación con militares y la gestión de grandes volúmenes de trabajo.

También el Rol de Auxiliar de Obra y los problemas relacionados con la lectura de planos y el armado del aparato de cambio de vía, sin tener una guía o alguien experimentado como apoyo afectan la eficiencia y precisión del proyecto.

## Propuestas y Necesidad de Implantación:

- Eficacia Operativa: La implementación de mejoras en la maquinaria y la gestión de compra de la maquinaria nueva mejora los métodos de armado de vías, así como la eficiencia y seguridad del proyecto.

- Mejora Local: Facilitará el progreso económico y social de la región, generando empleo y mejorando la infraestructura local, así como generando empleos a futuro.

- Aprendizaje del personal operativo: Debido a limitaciones económicas, se contrata personal inexperto en vías férreas. actualmente, solo se dispone de dos personas para la capacitación, lo que resulta insuficiente para mantener el ritmo de trabajo requerido. Por lo que es imperativo desplegar un plan de capacitación que optimice el uso de los recursos disponibles.

### Consecuencias de no aplicarse la propuesta;

- Retrasos en el Proyecto: La falta de implementación de nuestras soluciones podría causar retrasos significativos en la construcción y operación del Tren Maya

- Impacto Económico Negativo: La región podría perder oportunidades de desarrollo económico y social, manteniendo altos niveles de pobreza y desempleo.

- Retiro del Proyecto: Si no cumplimos con los plazos y requisitos establecidos, existe el riesgo de que nuestra empresa sea retirada del proyecto, afectando nuestra reputación y oportunidades futuras.

# OBJETIVOS

## Objetivo general

Analizar y entender los procesos de la superestructura ferroviaria para culminar con éxito el armado de la vía en tiempo y forma para el Tren Maya.

## Objetivos específicos

1. Identificar los desafíos y necesidades que enfrentan los auxiliares de obra durante el ensamblaje de vías.
2. Describir el proceso de ensamblaje de vías detallando cada etapa y los recursos involucrados.
3. Gestión del Tiempo y Comunicación Efectiva.

# JUSTIFICACIÓN

Se trabajado durante dos años en el proyecto del Tren Maya, una de las iniciativas de infraestructura más ambiciosas de México. Este empleo ha sido muy relevante pues tanto la empresa, como el rol de auxiliar de obra se está incursionando por primera vez en el campo ferroviario.

La gran demanda de empleos de ingeniería, la baja remuneración a los recién egresados y el hecho de que se soliciten más ingenieros que ingenieras en las empresas de la Ciudad de México, hizo que se llevara a cabo una ampliación en el campo de visión y así buscar oportunidades de empleo en otros estados. Así fue como se llegó a este proyecto.

La secretaria de la Defensa Nacional (SEDENA) como empresa, ofrece grandes oportunidades a los jóvenes sin experiencia ya que, se sabe que son los que pueden soportar jornadas laborales de más de 12 hora, por una excelente remuneración económica, a causa de ser personal foráneo, gracias a esta oportunidad, se logró adquirir experiencia en la obra civil, escalando desde personal de limpieza, un ayudante general hasta convertirse en auxiliar de obra.

Se ha tenido la oportunidad de conocer tanto la obra civil, como el proceso de las vías férreas, que conlleva todo un arte desde el inicio hasta el final del proceso. En especial, este proyecto ha brindado nuevos aprendizajes y ha permitido crecer profesionalmente en un campo tan complejo y fascinante como el ferroviario, sin dejar de lado que ha fomentado el sentido de la responsabilidad, adquiriendo nuevas habilidades técnicas y conocimientos valiosos, para una responsabilidad tan grande como es estar a cargo de todo un frente de trabajo.

El interés se despertó al comprender por qué el balasto debe tener ciertas medidas y el porqué de su forma, hasta la programación de cada maquinaria para cumplir objetivos específicos. Aunque todo lleva un proceso manual, se termina perfeccionando con maquinaria, cuidando hasta el más mínimo detalle.

Con el equipo de trabajo se aprendió el lema “soluciones, no problemas” pues se daban problemas grandes como no contar con equipo topográfico, evidentemente tampoco con medidas, ni guías para alinear correctamente, afinamos a ojo, alineándolo la vía a como se viera recta al ángulo visual.

Con esto quiero decir que aprendí en gran medida la importancia de la agilidad para superar los desafíos, ya que nada es lineal trabajando en campo y cuando estas como subcontratista el cliente solicita cosas que conllevan gran dificultad en periodos cortos de tiempo o que no corresponden a nuestras actividades, por lo que no se cuenta con la maquinaria y disponibilidad, entonces se tienen que buscar soluciones rápidas, puesto que SEDENA al ser formada por militares, al paso del tiempo se ha aprendido que son bastante estrictos en todos los aspectos, por lo que cada paso y decisión tomada es crucial para el éxito del proyecto.

# ALCANCE Y LIMITACIONES

Alcance.

1. Construcción de la Vía Férrea: Asegurar que la vía férrea sea construida con los más altos estándares de calidad, cumpliendo con los plazos establecidos y los requisitos técnicos.
2. Colaboración y Ambiente de Trabajo: Fomentar la colaboración entre todos los equipos involucrados para crear un ambiente de trabajo colaborativo y de apoyo mutuo.
3. Sistema de Respuesta Rápida: Crear un equipo de trabajo con un sistema de respuesta rápida para abordar emergencias o desafíos que surjan durante las actividades diarias en campo.
4. Aprendizaje en Campo: Aprender y comprender los procesos del armado de la vía mediante la experiencia adquirida en campo.
5. Capacitación para el Mantenimiento: Ayudar al personal del área a adquirir la experiencia necesaria para poder trabajar en el mantenimiento de la vía férrea en el futuro.

Limitaciones.

1. Decisiones de la Empresa Cliente: Las decisiones estratégicas y cambios en el diseño o cronograma del proyecto que realicen los contratistas principales pueden afectar el armado de vía y las tareas específicas en campo sin que tengas influencia sobre ellas.
2. Condiciones Climáticas y Naturales: Factores como el clima extremo, desastres naturales o condiciones del terreno pueden causar retrasos y complicaciones en el armado de vía y las tareas específicas en campo que están fuera de tu control.
3. Coordinación con la empresa Cliente: La necesidad de coordinarse con otros subcontratistas puede generar conflictos y retrasos si no hay una comunicación efectiva, afectando el armado de vía y las tareas específicas en campo.
4. La falta de apoyo del personal local al proyecto del Tren Maya ha puesto en peligro la integridad del personal con amenazas armadas, lo que añade un nivel significativo de riesgo y complicación al proyecto.
5. La falta de consideración del propietario de la empresa hacia su personal operativo, manteniéndolos en condiciones inadecuadas de vivienda e higiene contribuyen a la alta rotación de empleados lo que dificulta aún más la continuidad del trabajo.

# CAPÍTULO II

# MARCO TEÓRICO

Según la secretaria de Infraestructura, Comunicación y Transporte a nivel internacional, en 2022 México ocupó el lugar número 11 por cantidad de tráfico ferroviario de carga.




*Figura 1 Sistema ferroviario mexicano en 2022*

Con un total de vías en operación de 23,731 kilómetros.

De las cuales:

- ✓ Vía principal se ocupan 17643 kilómetros.
- ✓ Vía secundaria ocupa 4533 kilómetros.
- ✓ Vías particulares 1,555 kilómetros.

El proyecto del Tren Maya a generado innumerables puestos de trabajo en la zona sur de México, oportunidades para todo oficio y profesión, es por ello por lo que As5 aprovecho esta situación para incursionar en el ámbito férreo.

## 1.- Grupo AS5.

Es una empresa mexicana dedicada a la ingeniería y construcción. Se especializan en diversos servicios como arquitectura, supervisión, construcción, topografía, laboratorio y consultoría ambiental. Su experiencia se centra en proyectos de infraestructura como carreteras y rehabilitación en diversas regiones del país.

Algunos de sus proyectos notables incluyen:

- Construcción de puentes emblemáticos: Han trabajado en la construcción de varios puentes importantes en México, demostrando su capacidad en ingeniería civil y construcción en Oaxaca.
- Proyectos carreteros: Han participado en la rehabilitación y conservación de carreteras en diversas regiones del país. En Guadalajara.

Y ahora desde diciembre del 2023 hasta fecha actual y único proyecto de colocación de vía en el tren maya.

## 2.- Historia de las Vías Férreas.

El ferrocarril inglés que iba de Stockton a Darlington, considerado el primero con tracción de vapor para el transporte de carga, fue inaugurado en 1825. Para ese entonces circulaba ya en México la idea de contar con este medio de transporte: el primer decreto que alude a los ferrocarriles en México fue fechado en 1824, y en 1833 se publicó en Nueva York un documento anónimo titulado Observaciones generales sobre el establecimiento de caminos de hierro en los Estados Unidos Mexicanos, que planteaba la comunicación ferroviaria entre México y Veracruz**.**




*Figura 2 "Primer ferrocarril con tracción de vapor"*

Según Emilia Hernández (2023) "Fue en 1850 cuando el primer tramo de tan solo 13 kilómetros vio la luz, maravillando a todos en esa época. Y aunque siempre existe una primera vez, no fue sino hasta 1873 que la historia ferrocarrilera en México inició con el arribo del primer tren al puerto de Veracruz.

Al correr el primer tren desde México al Puerto de Veracruz, se cumplió un largo sueño cuyo fundamento era el progreso material de la nación. Después de que se otorgara la primera concesión para la construcción de esta línea, habrían de transcurrir casi cuatro décadas para que el camino de hierro, de una extensión cercana a los 423 kilómetros, uniera ambas ciudades.

Las vías férreas se extendieron por todo el territorio nacional bajo la égida del gobierno de Porfirio Díaz. Pero empresas francesas, inglesas y estadounidenses colaboraron en la construcción de estaciones y comunicaciones, evidenciando el poder de la cooperación internacional.

Estas obras, que abarcaron desde Chihuahua hasta Ciudad Juárez, la Ciudad de México y muchas otras regiones, permitieron al país contar con más de 20,000 kilómetros de vías férreas en 1910."

Y si no mal recuerdo por los diversos conflictos de la revolución mexicana se deterioró este proyecto dándose una nueva oportunidad con el procedente Lázaro Cárdenas.

Por sus siglas FNM "Ferrocarriles Nacionales de México" fue la principal potencia de los titanes de transporte ya que se irrumpo en nuevas tecnologías, rutas y forma de trabajar, pero como todo lo bueno tiene un fin, fue Ernesto Zedillo quien lo privatizo.



*Figura 2.1 "Las primeras locomotoras"*

En esta fotografía podemos ver una locomotora de Ferrocarriles Nacionales de México, en su comienzo, utilizado por las principales clases sociales aproximadamente en 1890

Para el año 1995 el Gobierno presenta al Congreso una iniciativa para modificar el artículo 28 de la constitución que reserva al estado la exclusividad de explotación de los ferrocarriles. Tiempo después en se redactó la denominada "Ley reglamentaria de Servicio Férreo que sentó las bases para la entrada del sector privado en este campo del transporte. En esta norma se determinó que una empresa extranjera no podía disponer de más del 49% de la compañía privatizada, más tarde la secretaria de Comunicaciones y Transporte redacto las normas básicas del proceso de apertura al capital privado y a mediados de 1996 salió a primera línea"

Como ya había mencionado desde el inicio de mi proyecto, el principal problema de los ferrocarriles mexicanos y para México en general, para materia de infraestructura es muy insuficiente aun en la actualidad para satisfacer la demanda como medio de transporte masivo, traslapando la información obtenida al proyecto en el que me encuentro actualmente, puedo mencionar que en el tiempo que llevo trabajando en esto, es muy poca la maquinaria que se utiliza debido a su alto costo, a 8 meses de haber entrado en el proyecto se sigue ingresando maquinaria con el dinero de cada estimación, que al final se utilizara para proyectos futuros y As5 se posicionara en un buen lugar a nivel nacional por la maquinaria que está a la vanguardia.

En un artículo leí, cuando iniciábamos en el proyecto que México requeriría inversiones en infraestructura por 20 mil millones de dólares al año durante la próxima década, ¿y cómo se logaría esto? Con la actividad económica que el gobierno actual ha logrado con la Propuesta del Tren Maya, puesto que muchas comunidades como lo son "Conhuas" que son muy pequeñas cuentan recientemente con apenas una gasolinera, han podido desarrollar negocios de renta eh innumerables negocios de comida, que al platicar con la gente del pueblo comentaban que

se animaron a vender diferentes cosas en el lugar debido a a gran cantidad de circulación de personas desde hace un año y eso es ahora tan solo con la construcción.

(Según Diego Arturo Sandoval Araiza, 2020) Desde que se dio a conocer la preparación de esta mega obra, se afirmó que más que un tren este sería una oportunidad para atraer desarrollo sustentable e inclusión a toda la región, pues se espera impacte económicamente impulsando el desarrollo de empleos, creando hasta 715,000 nuevos empleos en el 2030 en los 16 municipios con una estación de tren, además de generar al menos 80,000 nuevos empleos relacionados a la construcción de esta obra, asimismo se pronostica que la existencia de el tren propiciara el crecimiento económico local en un 1.59%, es decir, 2.1 billones de pesos. También se garantiza que existirá un amplio aumento en el flujo de turistas como de mercancías por la presencia del tren maya que estimulará a su vez el desarrollo económico de la región

¿Cuál es la importancia de las vías férreas?
(Noviembre 2021) México se encuentra enormemente rezagado a comparación con muchas partes del mundo. Como se mencionó anteriormente, el tren ha ayudado a conectar regiones brindando intercambio de información, recursos y tecnologías. Moviendo así, más de 120 millones de toneladas anuales, pero el ferrocarril solo ha sido utilizado en su mayoría para el transporte de carga por sus corredores principales. De esta manera el sector privado incentiva en la creación de nueva infraestructura, tecnologías o expertos que ayuden a la modernización y desarrollo de una estructura que cuenta con más de 100 años, ya que esta solo se ha utilizado para su explotación, dejando a un lado áreas de oportunidades en el sector.

Esta infraestructura siempre ha estado a disposición del estado y empresas privadas para su uso. Existen en México 51 regiones metropolitanas con poblaciones entre 112,000 habitantes hasta 20 millones de habitantes. Entre las más importantes están la ciudad de México, Guadalajara, Monterrey, Puebla, Tijuana y Toluca. Donde la comunicación entre ellas se limita a carreteras y avión.

Actualmente en México, el transporte férreo está regulado por varias Normas (NOMs) y diversos lineamientos por la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (ARTF)

De las cuales a grandes rasgos las principales serian:

1. NOM-001-ARTF-2023: Esta norma establece los requisitos de seguridad para la operación de los sistemas ferroviarios[1].
2. NOM-002-ARTF-2019: Define las especificaciones técnicas para la infraestructura ferroviaria, incluyendo la construcción y mantenimiento de vías[1].
3. NOM-025-SCT2-2016: Disposiciones de seguridad para el equipo de arrastre ferroviario al servicio de carga[2].
4. NOM-055-SCT2-2016: Establece los procedimientos para la unión de rieles mediante soldadura en vías continuas[2].

## 3.- Aspectos Fundamentales de las Vías Férreas.

- Líneas Troncales: Las líneas troncales son las de mayor importancia por longitud o preponderancia económica y social.
- Líneas Ramales: Son las que se derivan de una vía troncal y cubre distancias más cortas.

Clasificación de las vías férreas en México:

Se divide en 6 categorías denominadas "clase de vía" y depende del tonelaje bruto del tramo y también la velocidad máxima a la que se puede circular el tren sobre este.

Mata temáticamente esto se expresa

$$I = T(1.01)^V$$

Donde:

I= Indice de importancia de la vía.

T=Tonelaje bruto anual que circula sobre el tramo.

V= Velocidad máxima a la que pueden operar los trenes.

Una vez que se tienen estos datos se hace el uso de la siguiente tabla, para conocer su clase de vía.

*Del libro Ingeniería de vías férreas 2017, Jose Antonio Guerrero Fernández*

| INDICE DE IMPORTANCIA | CLASE DE VIA |
|---|---|
| 75 o Mayor | 1 |
| 45 a 74.9 | 2 |
| 25 a 44.9 | 3 |
| 10 a 24.9 | 4 |
| 3 a 9.9 | 5 |
| 0 a 2.9 | 6 |

Tabla 1 "Clase de vía según índice de importancia"

Rasgos elementales de la vía Férrea:
Los durmientes se colocan a una cierta distancia por convención internacional se define la distancia entre los durmientes consecutivos como la separación existente entre sus respectivos centros, no entre sus caras internas.

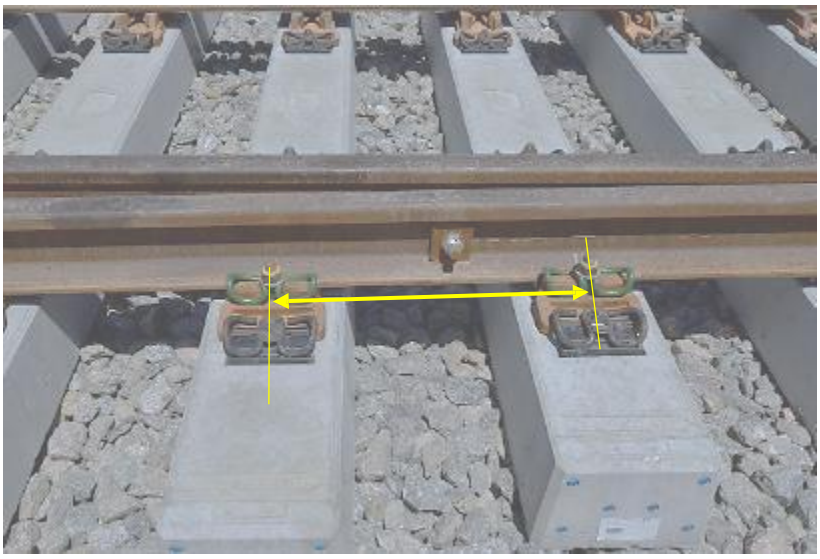


*Figura 3 "Distancia entre durmientes"*

En el sistema ferroviario mexicano se usa una separación de

- 50 cm (500 mm) para durmientes de madera.
- 60 cm (60 mm) para durmientes de concreto y hormigón.

Ancho de la vía:

Existen a nivel mundial una gran diversidad de anchos de vía, pero existen 3 de los cuales sirvieron en algún momento para el sistema de México, las cuales fueron:

A) 914 milímetros.
B) 1668 milímetros
C) 1435 milímetros.

El cuál es el ancho estándar en el sistema ferroviario mexicano.

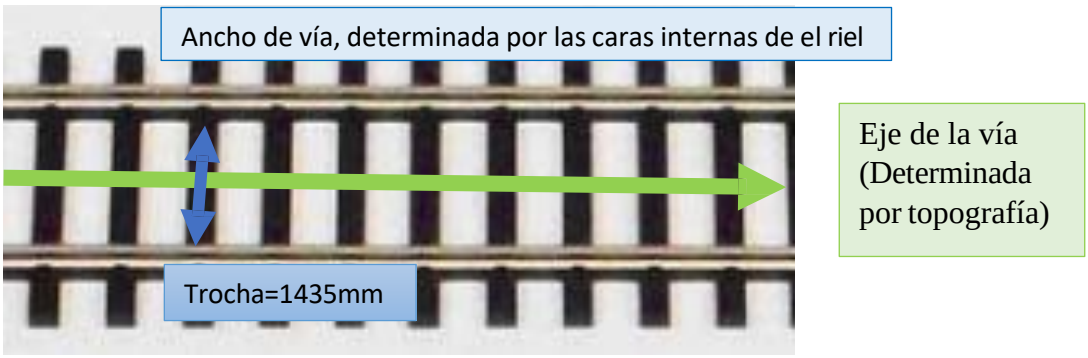



*Figura 3.1 "Esquema en plana"*

A las caras internas del riel que determinan el ancho de la vía se le conoce como "cara activa".

El ancho de la trocha varia por ciertas razones en cada cultura y país.

1- Cuestiones técnicas: Relacionadas con orografía, ya que, si la trocha es estrecha, el gasto es menor en túneles, puentes, así como rellenos para terraplén.
2- Motivos económicos: Protección mercantil, así se obstaculiza el movimiento de productos ajenos en el paso de fronteras.
3- Motivos defensivos: Este último se debe a la creencia que es difícil introducir tropas y armamentos en un país con distinto ancho de vía.

Sobreancho de curva.

En las curvas las ruedas traseras tienen un apoyo oblicuo sobre el riel, lo que aumenta las precisiones, pero genera desgastes excesivos en el hongo del riel en el interior de la curva (Cara activa), para evitar esto se hace uso de un "Sobreancho" con radios pequeños menores a 300 metros.

Para poder entender cómo funcionan el paso del ferrocarril en las curvas en las vías férreas es necesario hablar a grandes rasgos de la teoría del BICONO.

La cual te dice que si lanzas este elemento (formado por dos conos) por unas agujas de ancho fijo esta rodara haciendo movimientos de balanceo en sentido trasversal y de lazo en sentido longitudinal.

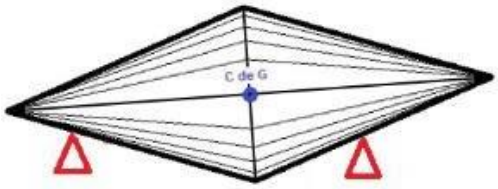



*Figura 3.2 "Movimiento de balanceo "*

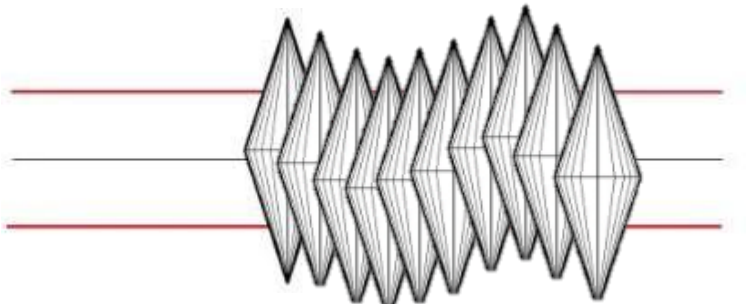


*Figura 3.3 "Movimiento de lazo "*

Y para cumplir esto se debe seguir con estas condiciones:

A) Rodadura por guías paralelas.
B) Conicidad en la Rodadura.
C) Centro de gravedad muy bajo.

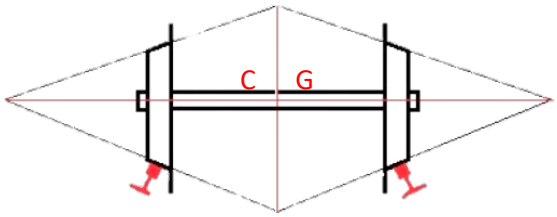



*Figura 3.3 "Centro de Gravedad "*

Debido a la conicidad el carril se coloca con una inclinación de 1/20 para mejorar el contacto "Rueda-Carril", es por ello por lo que, en la ilustración se muestran los rieles de color rojo con inclinación hacia el centro.




*Figura 3.4 "Adaptabilidad a la conicidad"*

En el ferrocarril las ruedas son de forma "Troncocónica" lo que genera lo que se le conoce como "movimiento de lazo" por lo que cambia de posición, pero siempre regresa a la denominada, posición normal.

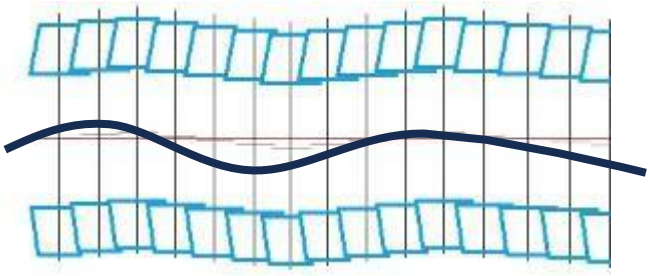


*Figura 3.5 "Movimiento de lazo con ruedas troncocónicas"*

Aplicación al sobreancho

Al circular el tren dentro de una curva el movimiento de lazo se anula, debido a la aceleración centrifuga que provoca el desplazamiento de todo el eje hacia el riel exterior del trazado, en este caso el centro de gravedad del eje se mantendrá más cargado al exterior, lo que resultará beneficioso y así deberá correr mayor distancia en el riel exterior que en el interior

Entonces, en las curvas el ancho de la vía vendrá incrementando por el sobreancho que ira en función al radio de la curva y dado a que deberá recorrer mayor distancia en el carril exterior, los radios con los que ruedan en uno y en otro deben ser distintos.

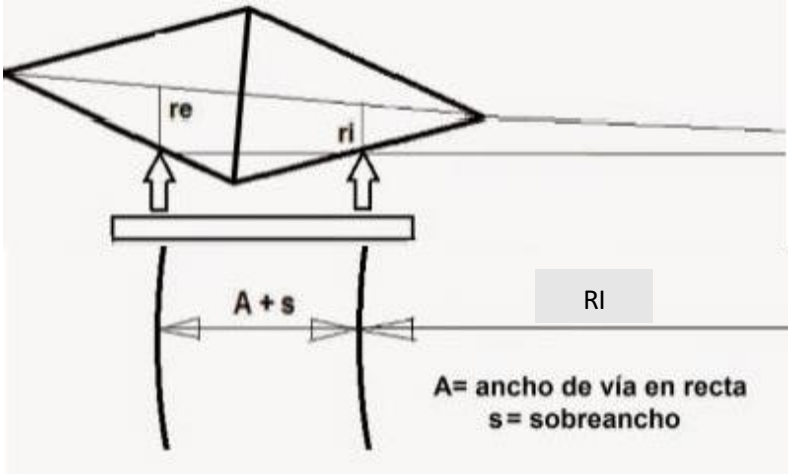



*Figura 3.6 "Comportamiento en curva "*

Matemáticamente dada la semejanza de los triángulos se debe cumplir con la siguiente relación.

$$[\frac{Ri + A + s}{re}] = \frac{(Ri)}{ri}$$

Despejando S:

$$s = [\frac{(Ri)(re)}{ri}] - Ri - A$$

Ri=Radio de la curva, respecto al riel interior.

A=Ancho de la vía.

ri= Radio de la rueda en contacto con el riel interior.

re=Radio de la rueda en el contacto con el riel exterior.

S=Sobreancho.

Este sobreancho permitirá la inscripción del vehículo en la curva y el efecto diferencial evitando que una rueda gire y la otra tenga que girar y arrastrarse para situarse perpendicular. Este fenómeno crea desgastes y ruidos indeseables.

| Grado de la curva (Métrico) | Medidas del escantillón |
|---|---|
| 4° o menores | 1.4351 metros. |
| De 4° 01’ a 5° | 1.4375 metros. |
| De 5°01’ a 6° | 1.4400 metros. |
| De 6°01’ a 7° | 1.4425 metros. |
| De 7°01’ a 8 | 1.4450 metros. |
| De 8°01’ a 9 | 1.4475 metros. |
| De 9°01 a 10 | 14500 metros. |
| De 10°01’ a 11° | 1.4525 metros. |
| De 11° o mas | 1.4540 metros. |

Tabla 2 “Ancho de vía permitido en curvas horizontales por FNM”

Subestructura: Es la encargada de soportar y distribuir uniformemente las cargas al terreno natural.

Terraplén; Esta es la capa de material que se encuentra después del terreno natural que se encarga de obtener los niveles requeridos por el proyecto.

| Capas Material Calidad de Terraplén | | | |
|---|---|---|---|
| Características | Deseable | Calidad adecuada | Tolerable |
| Granulometría (1)<br><br>Tamaño mínimo (mm)<br><br>Tamaño máximo(mm)<br><br>Porcentaje de finos (Material menor a 0.074 mm) | 80% < 76<br><br>95%<200<br><br>….<br><br>30% Máximo | <br><br>80%<750<br><br>1,000 o ½ espesor<br><br>40% Máximo | <br><br>------<br><br>1,500 o ½ espesor<br><br>40% Máximo |
| Limite Liquido | 40% Máximo | 50% Máximo | 60% Máximo |
| Índice plástico | 15% Máximo | 20% Máximo | 25% Máximo |
| Compactación (2)<br><br>Proctor estándar, variante ¨A¨ | <br><br>95% Mínimo | 95 +- 2 | 95%+- 2% |
| Compactación Dinámica | 10% Mínimo | 10% Mínimo | 5% Mínimo |
| Expansión | 3% Máximo | 3% Máximo | 3% Máximo |

Tabla 3 “Calidad de terraplén”

Subbalasto: Es la capa de material granular-terreo sobre donde se coloca el balasto, esta debe ser completamente liso que garantice la correcta distribución y armado de los elementos.

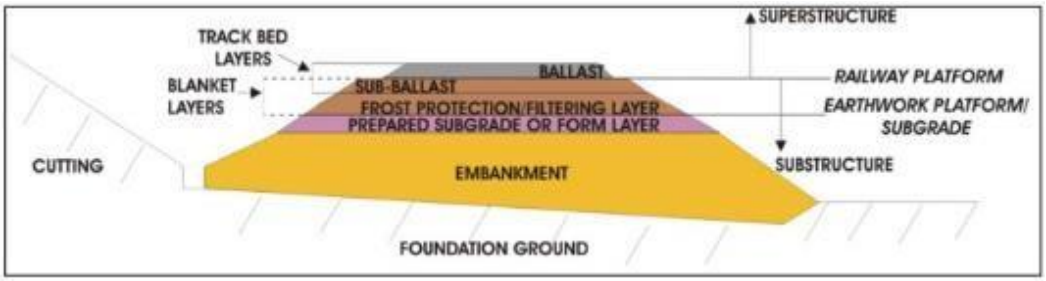



*Figura 3.7 "Esquema plataforma ferroviaria "*

Peralte: Esta se refiere a la inclinación Transversal que se da en las curvas con el fin de contrarrestar la fuerza centrífuga que empuja al tren hacia el exterior de la curva.

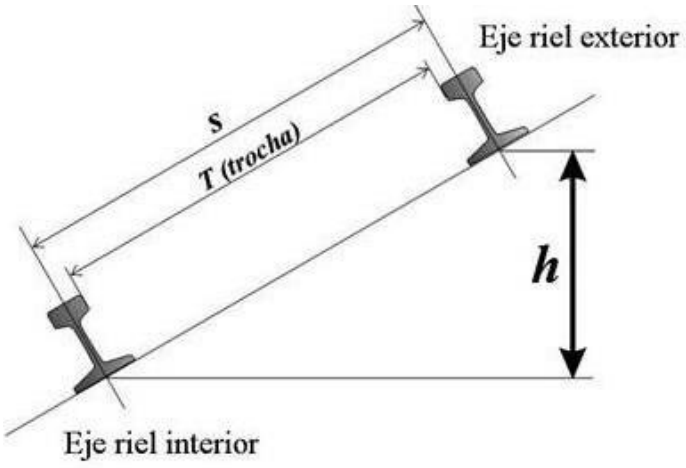



*Figura 3.8 "Análisis del peralte"*

Galibo: El gálibo es el espacio que el tren en cualquier condición requiere para que pueda circular en una vía, ya sea en talleres, en vías de servicio, de escape de urgencias, en túnel, en vía abierta, en estaciones o paraderos de pasajeros o en vías de maniobras, en curvas, en pendientes ascendentes y/o descendentes y en todas las condiciones de carga y de servicio.

Altura de la rasante: Esta es la línea que marca el nivel del terreno en el que se construye una vía

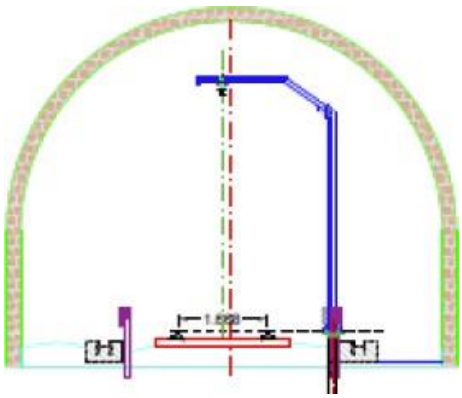


*Figura 3.9 "Ilustración de peralte"*

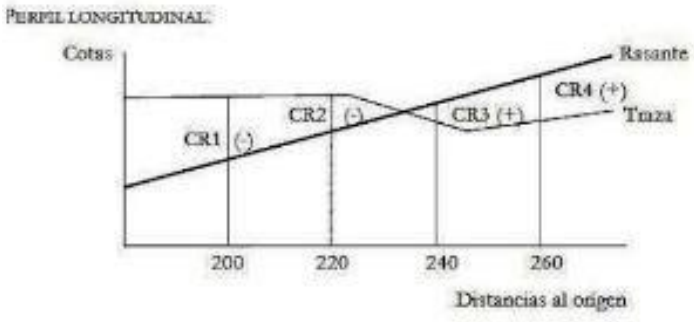



*Figura 3.9.1 "Altura de la rasante"*

FACTORES QUE INCIDEN EN LA ELECCIÓN DE LA RASANTE

- Tipo de suelo
- Puntos obligados a la altura.
- Pendiente máxima.
- Obras mayores y menores (puentes, alcantarillas).
- Cambios de pendientes:  para ajustarse al terreno y facilitar la evacuación de las aguas se recomiendan:
- Cambios de pendiente de (+) a (-) en Excavación.
- Cambios de pendiente de (-) a (+) en terraplén. Debe existir coordinación entre la planta y el perfil.
- Debe existir compensación entre excavación y terraplén.

## 4- Superestructura de la vía.

En los ferrocarriles, la superestructura se compone de diversos elementos que conforman la vía, y la vía es quien está diseñada para garantizar una circulación placentera y esto solo ocurrirá con ciertos elementos encargados de contener el peso de los vehículos que transitan sobre la vía.

Y hay dos tipos de superestructuras: Sobre balasto y sobre placa.

Nos centraremos únicamente en la vía sobre balasto debido a que será la que se emplea en la construcción del tren maya en el cual estamos participando.

BALASTO
La vía con balasto nos permite una facilidad de montaje, no se necesita cortar los servicios del funcionamiento para dar mantenimiento o mientras se realiza el montaje, el balasto funge un papel muy importante que permite una buena amortiguación tanto del ruido, como vibraciones y del esfuerzo de las cargas. Su función principal es proporcionar estabilidad y resistencia, distribuyendo de manera uniforme las cargas que se ejercen sobre la estructura.

El balasto se refiere a un material granular que se utiliza para formar una capa de soporte debajo de las vías de tren del metro. Por lo general, está compuesto por rocas trituradas, grava y arena, que se colocan entre los durmientes de madera o concreto y debajo de los rieles. Su función principal es distribuir las cargas de los trenes de manera uniforme y proporcionar una base firme para las vías.

Desempeña un papel esencial en mantener la estabilidad de las vías de los trenes. Al distribuir las cargas de manera uniforme, evita que los rieles se hundan en el terreno o se desplacen lateralmente. Además, el balasto permite que el agua drene eficientemente, evitando la acumulación de humedad que podría debilitar los durmientes y causar daños a la infraestructura, es el elemento que permite afinar la rasante de la vía y su peralte. La plataforma sobre la que se coloca el balasto solo admite errores de unos 2 cm, por lo que la precisión casi milimétrica que debe tener la vía se consigue con el balasto. Esto es fundamental, ya que un error en este sentido puede llevar al descarrilo del tren con unas consecuencias más o menos importantes.

El tamaño y la distribución de las partículas en el balasto afecta a su comportamiento mecánico en las vías férreas, influyendo en el drenaje de la capa de balasto, en la resistencia y la magnitud de los asentamientos, las partículas de mayor tamaño estabilizan la capa de balasto, mientras que las partículas más pequeñas reducen los esfuerzos de contacto entre partículas y, por lo tanto, la fragmentación (Guo Y. et al, 2022). La permeabilidad, densidad compacta y porosidad están ampliamente influidas por la granulometría del material (Sadeghi, J. M., et al. 2016).

| CARACTERISTICAS | CALIDAD DESEABLE | CALIDAD ADECUADA |
|---|---|---|
| Tamaño máximo (mm) | 38 | 51 |
| Finos | 0 | 5 máximo |
| Equivalente Arena | 50 mínimo | 40 mínimo |
| desgaste | 30 máximo | 40 mínimo |
| Índice de durabilidad | 50 mínimo | 40 mínimo |
| Peso volumétrico | 1800 mínimo | 1800 mínimo |
| Partículas angulosas | 90 mínimo | 60 mínimo |

Tabla 4 Calidad del Balasto en bancos de México 2023

Por último, el balasto aísla las traviesas del terreno, evita el crecimiento de vegetación en la plataforma y colabora en la reducción del ruido de paso de los trenes. Además, permite el correcto drenaje de las aguas de lluvia y su evaporación, evitando que se acumule agua en la plataforma que merme su capacidad.

Es importante mencionar que el uso del balasto no es necesario en todos los casos de construcción, ya que su implementación depende de las características y requerimientos específicos de cada proyecto. Sin embargo, en aquellos casos donde se necesita una base sólida y estable, el balasto es una opción muy utilizada.



*Figura 4.0 "Maquina trituradora "*

LOS RIELES

El riel constituye el elemento más importante de la superestructura de la vía, que no es el encargado de soportar directamente el peso de los trenes así como las acciones dinámicas generadas por la velocidad y el estado de conservación con el que cuenta la vía férrea y los vehículos existe en la actualidad muchos tipos de rieles para vías férreas y éstos se identifican gracias a su distintivo peso por unidad de longitud este parámetro se denomina calibre del riel y se expresa generalmente en libras por yarda para los rieles fabricados bajo estándares norteamericanos y en kilogramos por metro para aquellos que son fabricados bajo estándares europeos

Evolución de los perfiles de riel.

Una vez que se estableció el acero como material constitutivo para los rieles en un principio se les dotó de un reborde que servía de guía a las ruedas: al paso del tiempo se eliminó este reborde y se sustituyó por la ceja de las ruedas del tren. Se utilizaron rieles simétricos con 2 cabezas asemejando una doble "T" con fin de que cuando una de las cabezas se desgastase, girar el riel y hacer uso de la otra. En la práctica resultó que el sistema de fijación dañaba la cabeza inferior haciéndola inservible para guiar correctamente a los trenes. Debido a esto el riel simétrico evolucionó en el riel "bull-head" que también cuenta con doble cabeza, pero la inferior es más pequeña y adecuada para el sistema de fijación al durmiente, lo que hemos favorable ahorro en la cantidad de material utilizado para su fabricación. En algunas líneas de ferrocarriles británicos aún se pueden encontrar este tipo de rieles.

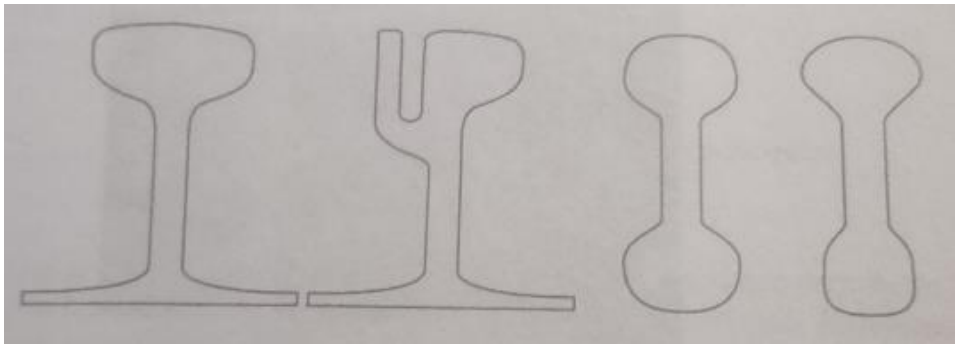


*Figura 4.1 "Diferentes perfiles de riel"*

En diversos países alrededor del mundo y ferrocarriles ligeros se utiliza el perfil especial de riel denominado riel de garganta o riel "Phoenix".

En el sistema ferroviario mexicano el perfil vignole es el que se utiliza para todas las líneas férreas y sus distintos concesionarios: por este motivo será sobre el cual nos referiremos.

Este consta de tres partes principales:

1. Hongo: es la parte superior redonda se emplea como zona de rodamiento para el equipo y es la responsable de soportar el desgaste ocasionado por el paso de este en el tiempo.
2. Alma: es la parte intermedia del riel su espesor es delgado y un elongo con el patín.
3. Patín: Tiene su base plana para apoyarse directamente sobre los durmientes y/o placas de asiento dando un grado alto de estabilidad al riel.

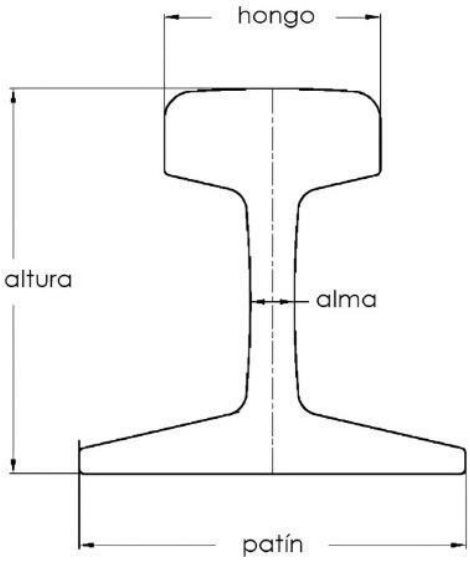



*Figura 4.2 "Riel Vignole de perfil y sus partes principales"*

Se caracteriza por tener base amplia (Patín) que permite un fácil ajuste a los durmientes. Evita las desventajas del riel de "Cabeza doble" y otros como el "Bull-head": El sistema de fijación se adapta correctamente al patín sin hacer muescas sobre este, se puede fijar al durmiente de forma directa o teniendo intermedio a la placa de asiento.

Su forma está condicionada para adaptarse correctamente a la unión entre varios rieles para dar continuidad a la rodadura, el alma del riel debe ser delgada para permitir el uso de las planchuelas y tornillos y demás debe ser lo suficiente fuerte para transmitir los esfuerzos desde el hongo.

**Hongo del riel**

La forma y dimensión tienen que ser tales que.

- La inclinación de sus caras laterales guarde el mayor paralelismo posible con las ruedas del tren de forma que los esfuerzos generados durante el guiado en curva se repartan evitando cargas puntuales.
- El ancho del hongo debe garantizar una correcta repartición de cargas en su masa metálica, si el ancho fuera muy grande, esta condición no se cumpliría, dada la geometría de la rueda del tren y si fuera muy pequeño el apoyo para las ruedas sería insuficiente.
- Su altura debe ser tal que soporte el desgaste vertical producido por el paso de los vehículos. (Tradicionalmente se estima que el hongo sufre un desgaste de 1mm por cada 80 millones de toneladas que circulan sobre la vía).

La relación que existe entre él ancho y alto debe ser tal que el desgaste de la anchura que se presenta principalmente en los rieles colocados en curva no obligue a retirar el riel antes de que haya que hacerlo por desgaste vertical es práctica común que la relación entre enancho y lo alto del hongo sea de entre 1.6 1.7.

En sitios donde el ambiente es altamente corrosivo puede emplearse en rieles cuyo hongo tenga 10 mm adicionales de altura o también puede utilizar recubrimiento de protección como pinturas bituminosas o chapado en los rieles.

**Alma del riel**

La característica fundamental del alma de un riel es su espesor el cual debe ser el adecuado para soportar los esfuerzos cortantes que actúan sobre el riel principalmente en las zonas próximas a los barrenos por donde se aseguran las planchuelas al unir un riel con otro si bien con el desarrollo de los largos rieles soldados esta última condición ha desaparecido en gran parte de las vías troncales el empleo de unión privada sigue siendo lo más común en patios laderos y en vías particulares el espesor del alma debe contar con un factor de seguridad suficiente a fin de neutralizar el efecto de la corrosión ya que el área expuesta a la intemperie es elevada en comparación a su espesor los espesores del alma suelen oscilar entre los 14 y 20 milímetros.

**El patín del riel**

Un caracteriza por su anchura su espesor y la forma de sus aleros la anchura determina la rigidez del riel en el plano horizontal o sea su resiste al volteo, así como la magnitud de los esfuerzos que se transmiten al durmiente, no obstante que actualmente se emplean placas de asiento para minimizar estos.

El espesor y la forma de los aleros del patín se determina en base al equilibrio que se debe garantizar a la masa comparativa del hongo, así como para economizar material en la fabricación del riel al redondear las aristas formadas entre el patín y el alma.

Diferentes asociaciones, inclusive empresas privadas de ferrocarril, han desarrollado sus propias especificaciones para las dimensiones y la sección transversal de riel.

Calibre de riel en México.

En el sistema mexicano de los perfiles más comunes, sin ser limitativos ya que la gama es muy amplia actualmente.

- **80, 85 y 90 lb/yd** que se han retirado de las vías troncales y ramales, debido a las actuales exigencias de carga, pero aún pueden encontrarse en laderos y patios ferroviarios, tanto particulares como concesionados a las empresas. Sin embargo, las reglamentaciones de las empresas en México han dispuesto a dejar de utilizar estos rieles en la mayoría de los sitios donde prestan servicio.

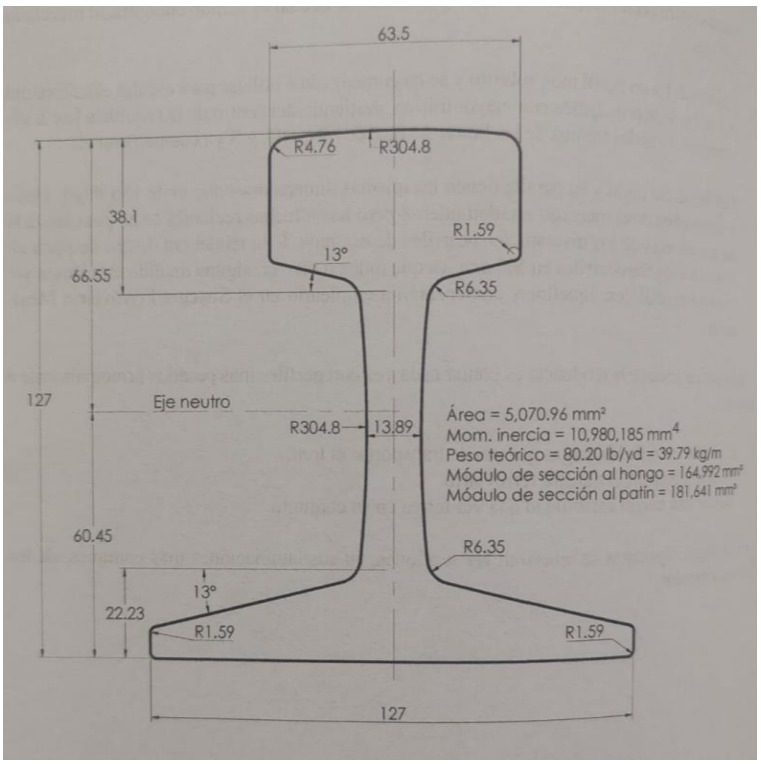



*Figura 4.3 "Perfil 80 lb/yd"*

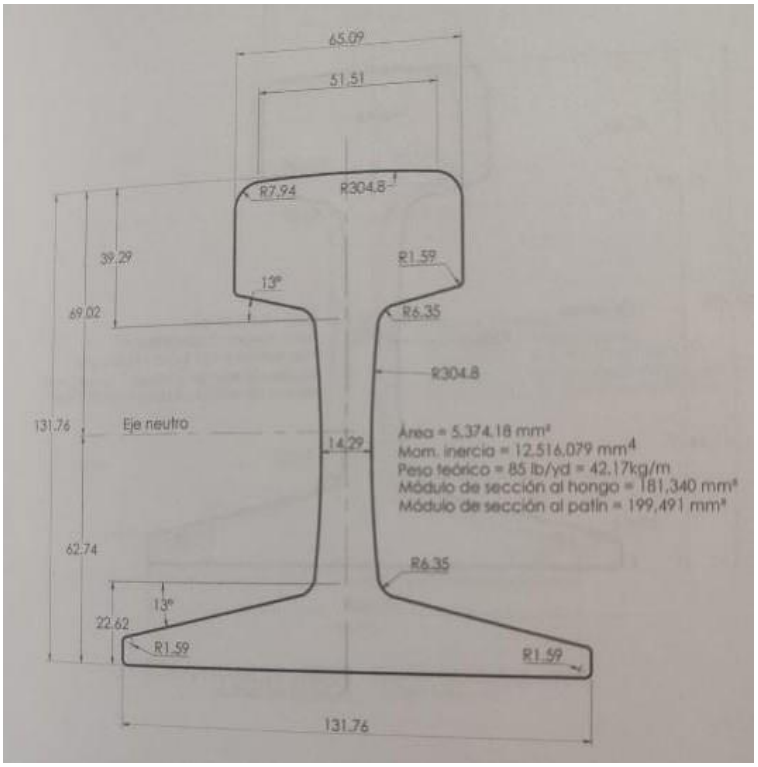



*Figura 4.4 "Perfil 85 lb/yd"*

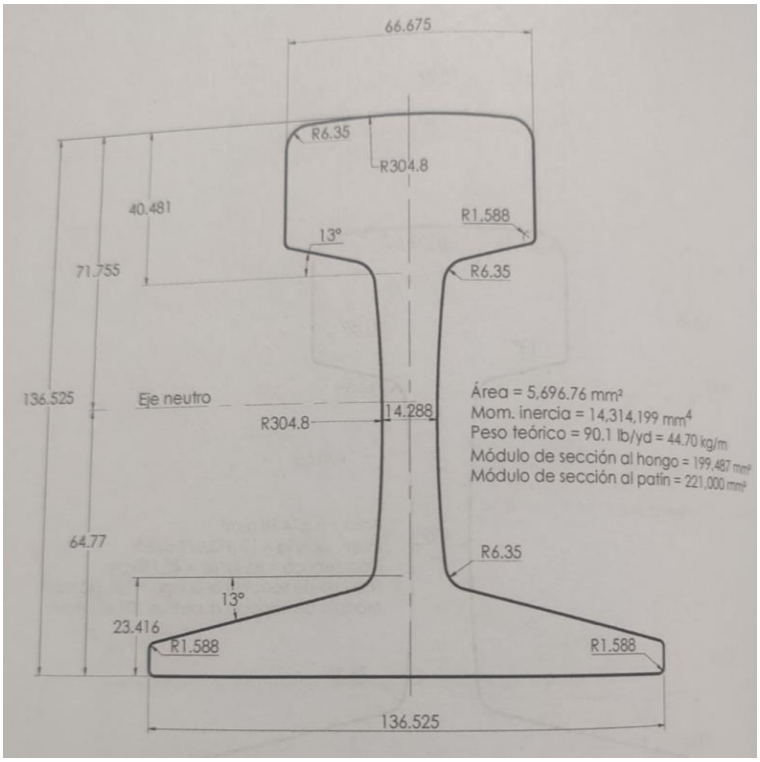



*Figura 4.5 "Perfil 90 lb/yd"*

- **100, 110 lb/yd** el primero aún se encuentra en vías troncales y ramales, del norte del país, como la línea "T" principalmente en Sonora y la línea DA de Durango. El segundo aún se puede ver en vías troncales y ramales del centro del país.
  Ambos perfiles del riel es normal encontrarlos en vías particulares, tanto patios como laderos de parques industriales o de empresas privadas, inclusive en terminales marítimas.

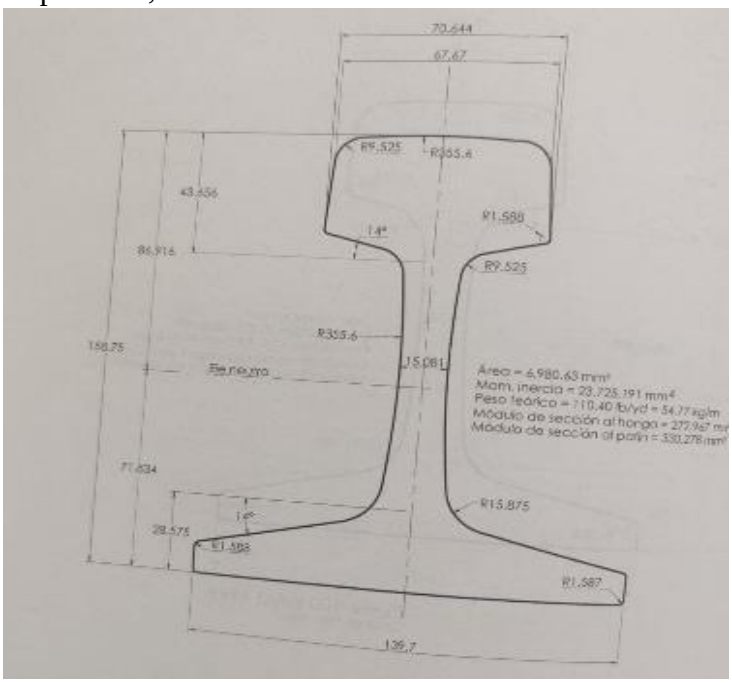



*Figura 4.6 "Perfil 110 lb/yd "*

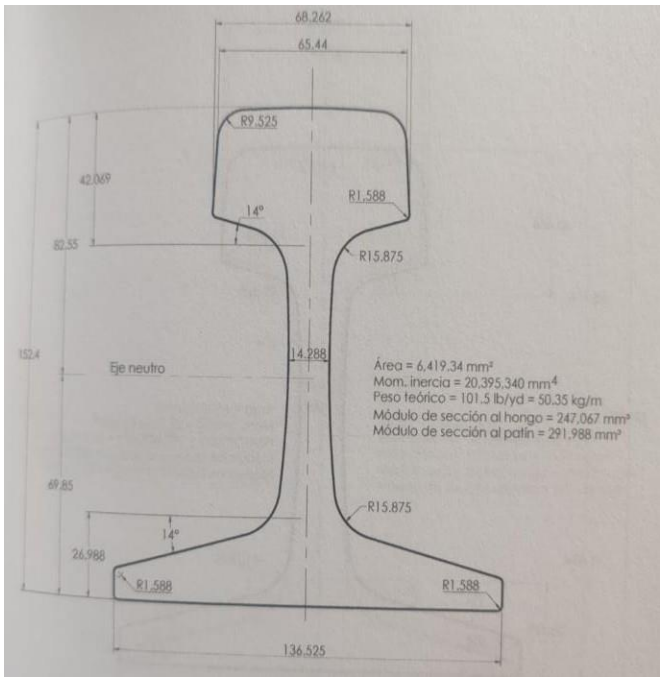



*Figura 4.7 "Perfil 100 lb/yd"*

- **112 lb/yd** fue muy popular en el sistema Ferroviario mexicano, la mayoría de las vías principales del país contaban y fue sustituido por la 115 lb/yd.

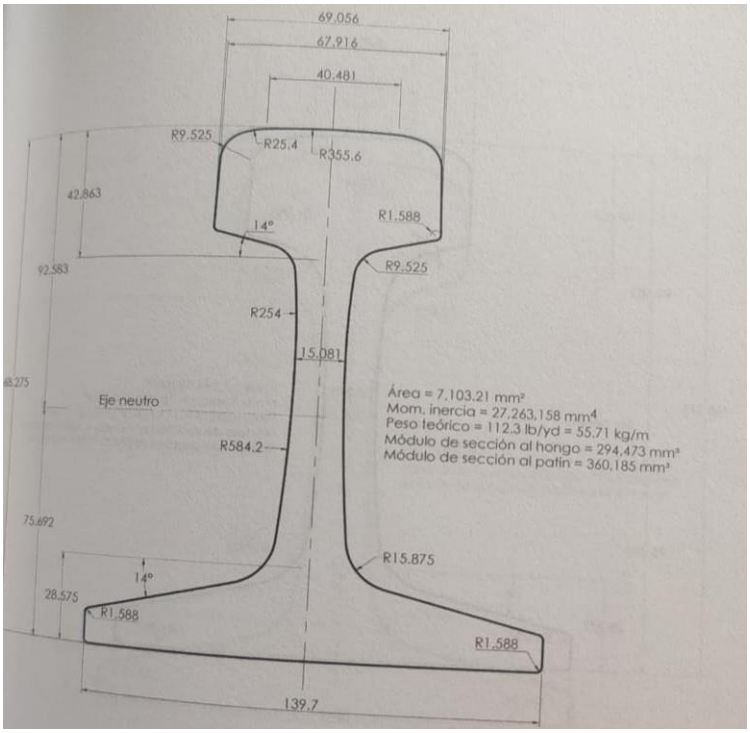



*Figura 4.8 "Perfil lb/yd "*

- **115 lb/yd** sustituyo al anterior debido a su abundancia comercial, siguiendo la tendencia del "escalado de calibre". Tiene variaciones milimétricas en algunas medidas de su sección respecto al 112 lb/yd por lo cual suele verse mezclado con él.

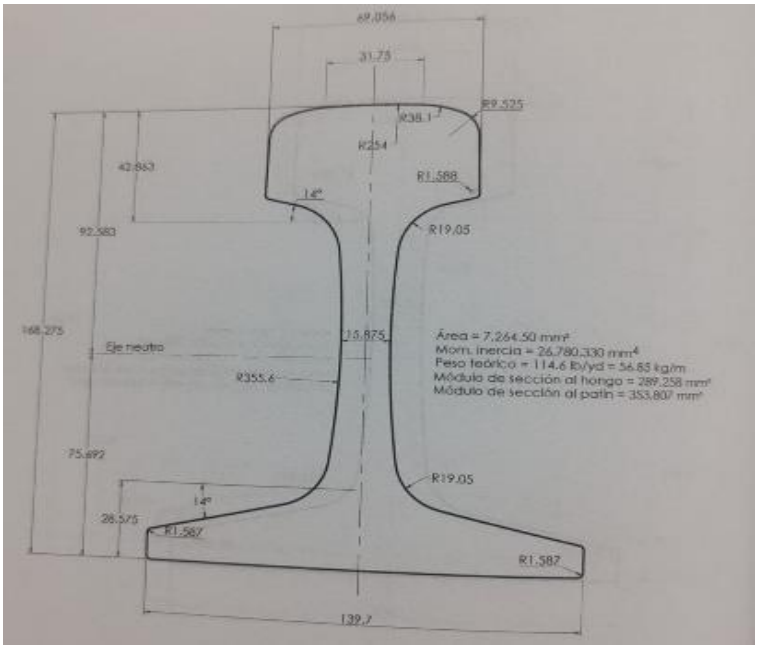



*Figura 4.9 "Perfil 15 lb/yd"*

- **136 lb/yd** este perfil es muy robusto y se ha comenzado a utilizar para escalar el calibre del riel con las vías principales de mayor tráfico.

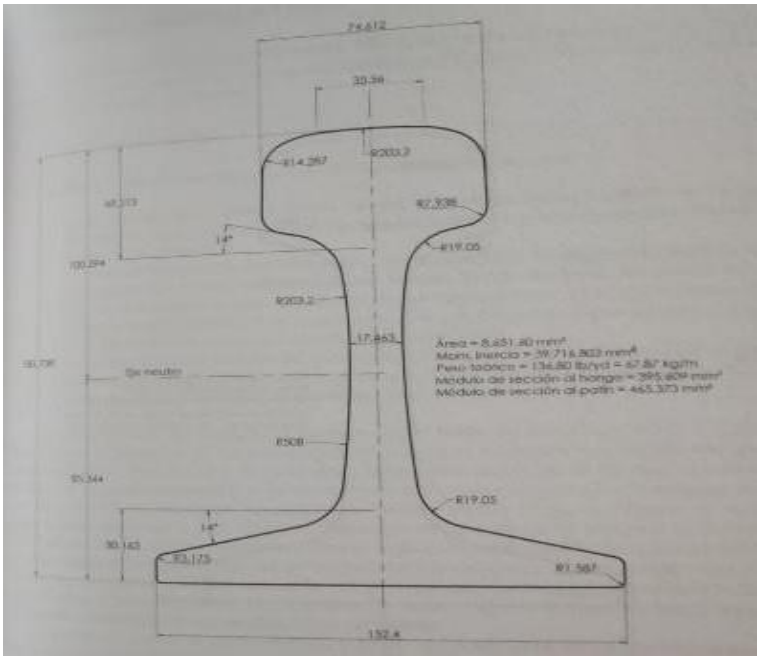



*Figura 4.9.1 "Perfil 136 lb/yd"*

- **140 lb/**yd su patín y su peralte tiene la misma dimensión que el de 136 lb/yd, lleva años en el mercado estadounidense, dentro de poco alcanzara al del ferrocarril mexicano.

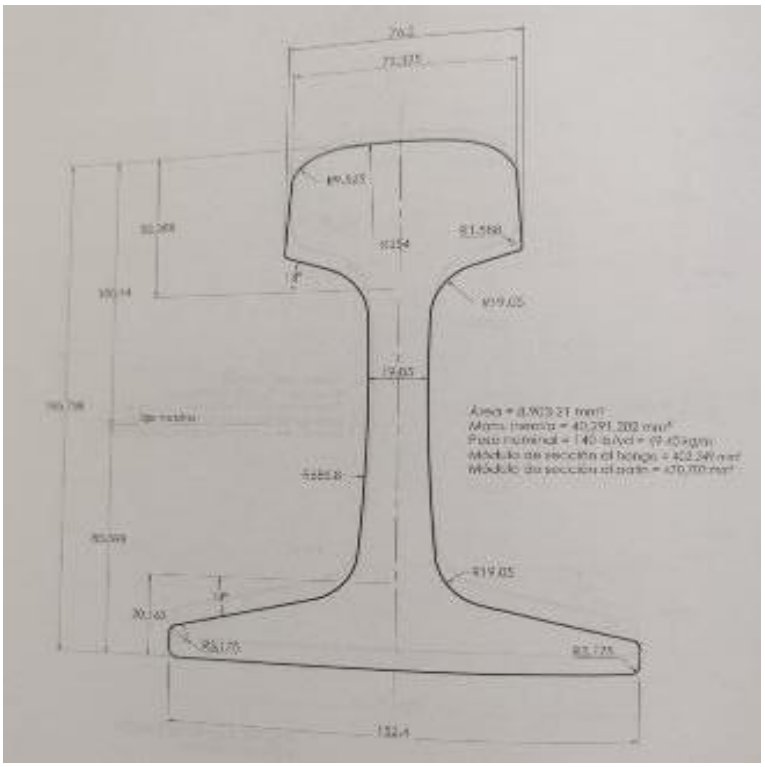



*Figura 4.9.2" Perfil 140 lb/yd"*

Contamos cada vez con perfiles más pesados debido a 3 causas:

1. El incremento de la carga que puede transportar el tren.
2. El incremento del tránsito ferroviario.
3. Buscar una mayor estabilidad a la vía.

Propiedades químicas del acero que conforma los rieles: Se hace un análisis químico por calada del acero para determinar los porcentajes, en peso de los diversos elementos que contiene al acero del riel.

| ELEMENTOS QUE CONSITUYEN EL RIEL | |
|---|---|
| Carbono | Proporciona resistencia al desgaste y aumenta dureza. |
| Silicio | Actúa como desoxidante y endurecedor del acero. |
| Azufre y Fosforo | Impurezas dentro del acero, pero eliminarlo tiene un alto costo por lo que se busca mantenerlo menor del 0.05%. |
| Magnesio | Aumenta la resistencia al desgaste, ayudando a la laminación y moldeo del acero. |
| Cromo | Aumenta la profundidad del endurecimiento y mejora la resistencia a la corrosión. |
| Arsénico | Aumenta la tenacidad del riel. |
| Vanadio | Aumenta la resistencia a los impactos y a las cargas repetitivas. |
| Molibdeno | Mejora las propiedades del acero para recibir tratamiento térmico, facilitando el templado de los rieles y resistencia a la temperatura. |

Tabla 5 "Composición del riel"

LOS DURMIENTES

Las traviesas, también conocidas como durmientes, son una parte integral y necesario del sistema de vías del ferrocarril. Cuya principal función consiste en sujetar ambos rieles, estas estructuras rectangulares de madera, concreto u hormigón se colocan horizontalmente y espaciadas uniformemente a lo largo de la vía, brindan soporte y estabilidad a los rieles, se fijan a ellos mediante las llamadas juntas de sujeción.

El material más usado en la construcción de traviesas era antiguamente la madera, lo que proporcionaba un comportamiento elástico frente a los esfuerzos verticales. Con la llegada de los nuevos materiales se adoptó el hormigón alternativa constructiva. De esta forma se relevó a la madera, pues entre otras ventajas el hormigón no presentaba problemas de mantenimiento por abrasión que sí afectaban a las anteriores traviesas. Por contra el hormigón trajo consigo un comportamiento mucho más rígido de la superestructura, lo que se trata de compensar habitualmente con juntas de sujeción más elásticas, mejorando así el amortiguamiento del conjunto. Todas las traviesas de este trabajo son de hormigón, al igual que todas las usadas en los nuevos servicios ferroviarios.

Otra función clave de las traviesas es la de repartir las tensiones ejercidas por los vehículos que circulan por la vía, a la par que repartir esas tensiones en la plataforma, distribuyéndolas por la base granular que forma el balasto. Se ha descrito ya la importancia de esta esperada distribución de esfuerzos, relacionada ésta de forma clara con el deterioro de la calidad geométrica de la vía y, por extensión, con los gastos de mantenimiento de esta.



*Figura 4.9.3 "Vía armada sobre durmientes de madera"*



*Figura 4.9.4 "Vía armada de hormigón"*



*Figura 4.9.5 Durmientes de Hormigón*

La transmisión de esfuerzos del riel hasta el balasto se hace teniendo de intermedio a los durmientes, también sirven para dar peso al emparrillado de la vía, resistiendo el intemperismo y tratando de mantener el mayor tiempo posible las condiciones de servicio.

Como los durmientes para el tren maya son de concreto nos centraremos en ellos y cabe mencionar que a principios del siglo XX, hubo preocupación por la escasez de la madera, llevo a algunos países Europeos a comenzar a desarrollar durmientes con materiales alternativos, siempre y cuando tuvieran las características de resistencia para soportar las cargas del tren, pero los asentamientos generaban momentos negativos en el centro del durmiente lo que generaba que se quebrara por el fallo en dicho punto.

Actualmente la manera de resolver el problema de la ruptura al centro del durmiente consiste en dar a la zona donde se localice la superficie de apoyo de los rieles una mayor anchura quela parte central, de forma que esta disminución del ancho hace que la superficie de apoyo sea más pequeña en la zona central, pero así tanto el momento flector negativo y la compactación diferencial del balasto entre el extremo y el centro del durmiente también se vean drásticamente reducidos.

El empleo de acero pre-esforzado ocasiona que el concreto este en estado de compresión constante lo que lleva a la eliminación casi por completo de la aparición de fisuras.

En México la NOM-048/1-SCT2-200, dice que los durmientes de concreto se deben dividir en “Tipo 1” y “Tipo 3” diferenciando entre ellos la geometría, el peso y la resistencia, como se observa en la siguiente tabla:

| TIPOS DE DURMIENTES MONOLITICOS DE CONCRETO | | |
|---|---|---|
| NOM-048/1-SCT2-200 | | |
| Características | Tipo 1 | Tipo 2 |
| Longitud del durmiente | 2400 mm | 2440.00 mm |
| Peso del durmiente | 240 kg | 330 kg |
| Momento positivo en la sección del apoyo del riel | 155.0 tonxcm | 253.5 tonxcm |
| Momento negativo en la sección de apoyo del riel | 95.0 tonxcm | 132.5 tonxcm |
| Momento positivo al centro del durmiente | 80.0 tonxcm | 103.7 tonxcm |
| Momento negativo al centro del durmiente | 160.0 tonxcm | 253 tonxcm |

Tabla 6 "Tipos de durmientes de concreto según la NOM-048/1-SCT2-200"

El cemento empleado debe ser bajo en álcalis, el agregado fino (la arena) o postensado de este, de modo que la aplicación de las cargas de servicio hará que la tensión actuará solo para aliviar la precarga de compresión resultante en el concreto productor de dicho pre-esfuerzo.

Para este refuerzo se pueden usar barras, alambres o torones de acero con un límite de fluencias mínimo de 14,000 kg/$cm^2$ y una resistencia a la ruptura no menor a 16,000 kg/$cm^2$. Para conocer estos parámetros, se coloca una probeta de acero en las mordazas de la maquina de pruebas y se va incrementando la carga a una velocidad constante y uniforme. Las maquinas más modernas cuentas cuentan con una impresora que dibuja graficas de esfuerzo/deformación conforme va transcurriendo la prueba, lo que facilita de sobremanera la obtención de resultados.

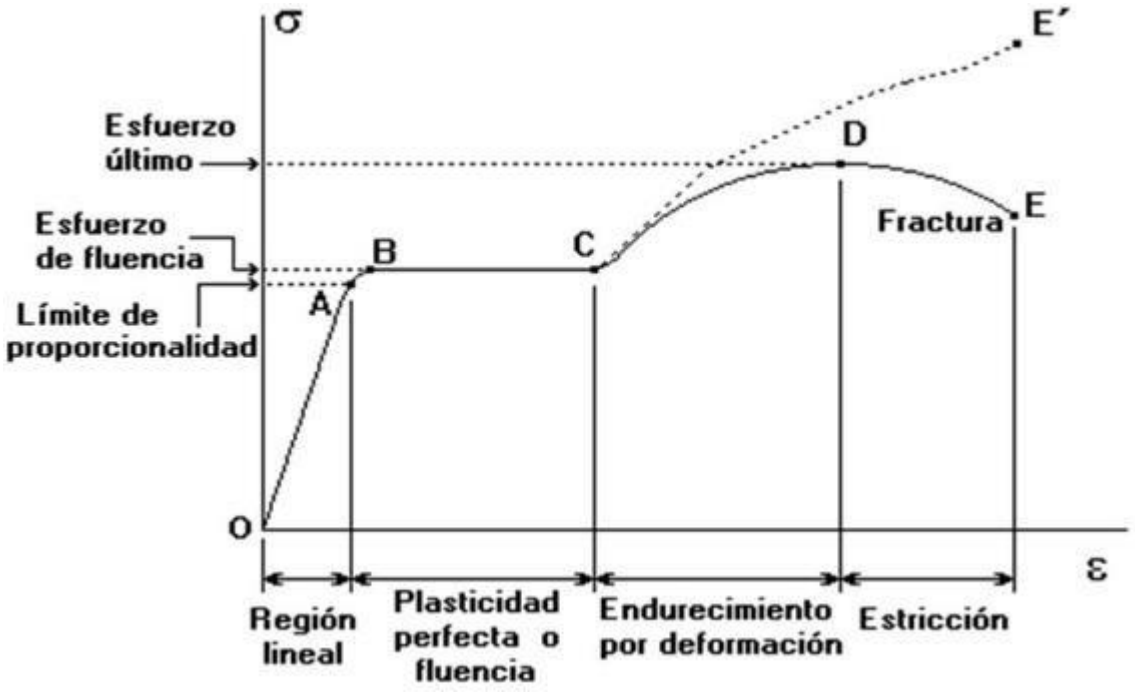



*Figura 4.9.6 "Grafica esfuerzo/deformación típica del acero"*

En las pruebas de flexión sobre la zona centro del durmiente se aplica carga al durmiente en su zona central a razón de 2.2 toneladas por minuto hasta llegar al valor de carga tal que produzca el momento especificado del diseño. La carga con la cual se alcance ese momento deberá mantenerse aplicada al durmiente durante tres minutos, la NOM-048-SCT2-2000 especifica que este momento deberá ser igual a 80 ton-cm, para durmientes tipo 1 y 103.70 ton-cm para durmientes tipo 3.

El muestreo del concreto se obtiene directamente en la plataforma donde se estén fabricando los durmientes, se recolecta el volumen suficiente para llenar cuatro cilindros de concreto por cada 7 $m^3$ de concreto suministrado. Para concretos normales, uno de los cilindros se ensayará a los 7 días después del colado, el segundo a los 14 días y el tercero a los 28 días. El cuarto cilindro permanecerá en el laboratorio el tiempo que sea necesario para emplearlo como testigo dado el caso de alguna inconformidad por parte del cliente durante el tiempo de servicio del durmiente

Ecuación para calcular la resistencia a la compresión del concreto:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

$f'$ =Resistencia a la compresión del concreto (Kg/c$m^2$))

$P$ = Carga de falla, registrada en la caratula de la maquina a utilizar (Kg)

A=Área de la sección trasversal del cilindro de concreto (c$m^2$)

Este se evalúa por medio del ensaye de vigas durante este el concreto se va sometiendo tanto a compresión como a tención. La capacidad a la flexión del concreto se presenta por el modulo de ruptura que se obtiene al aplicar carga a la viga hasta su falla. Una vez que falla se determina el ancho promedio, el peralte y la localización de la línea de falla.

FIJACION

El sistema de sujeción de rieles se utiliza para fijar rieles a durmientes y se clasifica en directo o indirecto. En vías clásicas se utilizan sistemas directos con clavos de vía y/o tirafondos en placas doble hombro, los cuales tienen contacto simultaneo con el riel y durmiente de madera.

En los sistemas de fijación indirectos el elemento que sujeta el riel puede ser un clip o grapa, el cual no está en contacto directo con el durmiente, si no que este a su vez se fija al durmiente mediante una placa y un tirafondo o vástago.

La fijación entre el durmiente y los rieles del ferrocarril se realiza mediante clips metálicos que se aseguran por medio de un elemento de hierro fundido denominado shoulder, embebido en el elemento. Además, se utiliza una almohadilla como amortiguador entre el riel y el durmiente, llamada rail pad. Dicha almohadilla puede estar compuesta de HDPE, EVA o neopreno, según las cargas a las que esté sometido el durmiente. Así mismo, lleva unos aisladores laterales que sujetan el riel y lo aíslan eléctricamente

La clasificación de la fijación consta en:

**RNY**

El Sistema de Fijación Elástica RNY ha sido diseñado para su aplicación en durmientes de concreto, ofreciendo una solución eficaz y duradera para la sujeción de rieles de 115 lbs. Cada durmiente requiere de los siguientes elementos para una instalación completa.

Elementos Necesarios por Durmiente:

- 4 Grapas Elásticas Reforzadas
- 4 Pernos de Anclaje SL con Tuerca y Rondana
- 4 Rondanas Aislantes
- 2 Almohadillas de Elastómero Termoplástico, Tipo U-2
- 2 Tope de plástico NY- exterior
- 2 Tope de plástico NY-interior

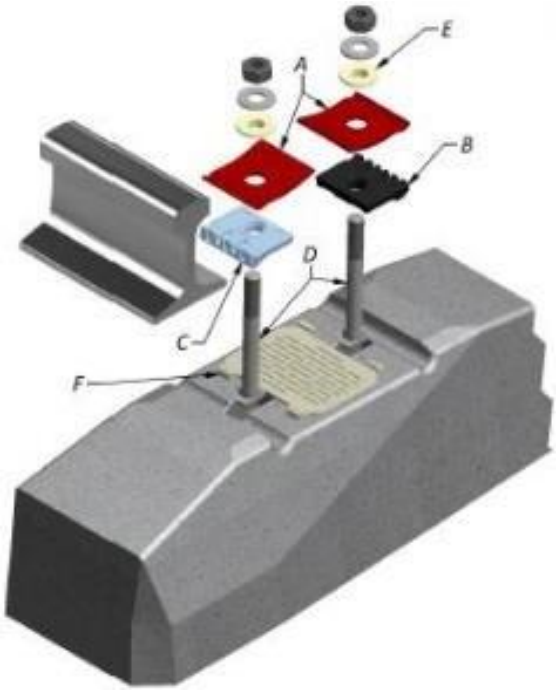



*Figura 4.9.7 "Componente de la fijación RNY"*

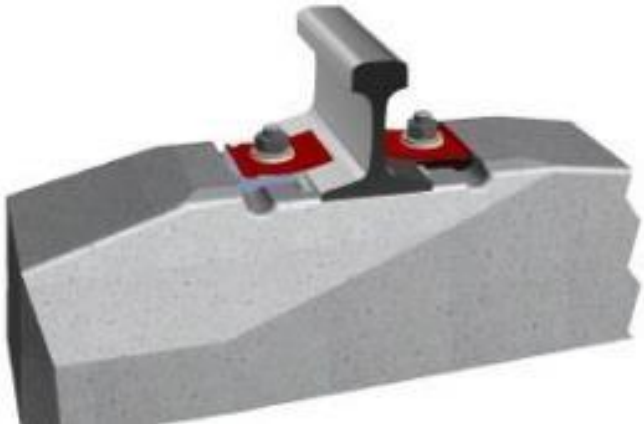


*Figura 4.9.8 "Componente de la fijación "*

Este sistema proporciona una fijación segura y elástica, asegurando la estabilidad del riel sobre el durmiente de concreto. La combinación de grapas, pernos de anclaje y elementos amortiguadores garantiza un rendimiento óptimo, absorbiendo vibraciones y manteniendo la integridad estructural de la vía a lo largo del tiempo.

**Beneficios:**

- **Reducción de vibraciones:** El sistema de fijación elástica RNY está diseñado para absorber y amortiguar las vibraciones generadas por el paso de los trenes, lo que ayuda a reducir la transmisión de vibraciones al suelo y a las estructuras adyacentes.
- **Mayor confort:** Al minimizar las vibraciones y el ruido, el sistema de fijación elástica RNY mejora la comodidad de los pasajeros y del personal ferroviario que viaja y trabaja en el tren.
- **Protección de la infraestructura:** Al reducir la carga dinámica sobre la vía y los componentes de la infraestructura ferroviaria, el sistema de fijación elástica RNY contribuye a prolongar la vida útil de los activos y a minimizar la necesidad de mantenimiento y reparaciones costosas.
- **Adaptabilidad:** El diseño modular y ajustable del sistema de fijación elástica RNY permite su instalación en una variedad de tipos de vía y condiciones operativas, lo que lo hace adecuado para aplicaciones ferroviarias diversas y cambiantes.
- **Cumplimiento normativo:** El sistema de fijación elástica RNY cumple con los estándares y regulaciones internacionales aplicables en la industria ferroviaria, lo que garantiza su seguridad y confiabilidad en su uso.

**Pandrol**

Sistema completo en el cual todos los componentes se entregan en obra preensamblados sobre el durmiente. Una vez colocadas las traviesas e instalado el carril, simplemente se empuja el clip a colocándolo sobre el carril mediante una simple acción de impulsión. El sistema se ha concebido para todas las categorías de vía y se ha diseñado específicamente para poder ser instalado rápidamente mediante equipos mecanizados.

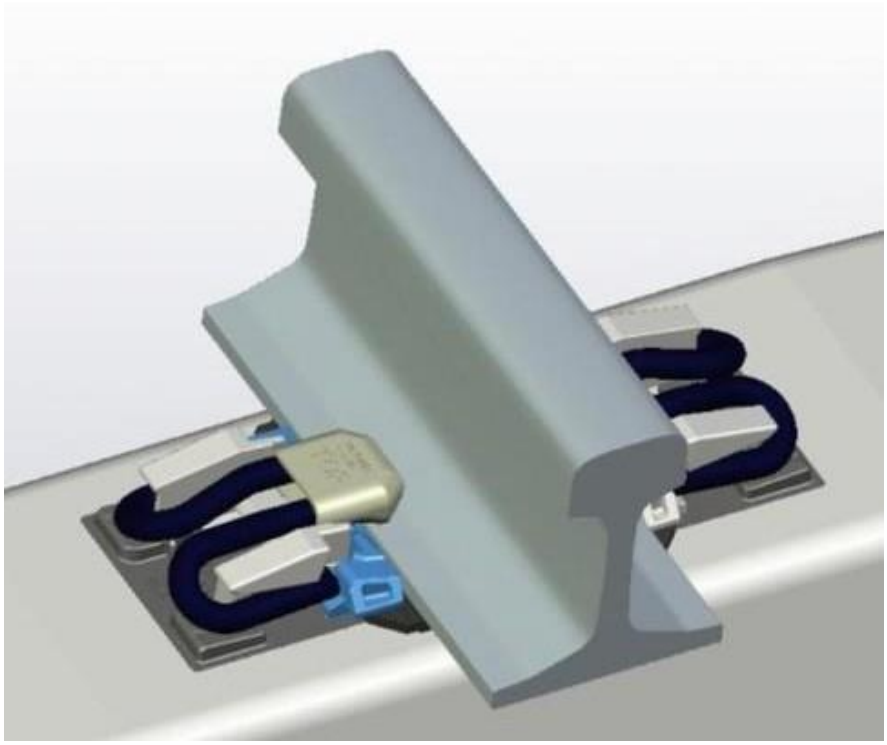


*Figura 4.9.9 "Fijación Pandrol ya ensamblada"*

**Nabla**

El Sistema de Fijación Nabla es un sistema seguro y fiable, el más utilizado en Europa. Se puede utilizar en vías de Tranvía, LRT, Metro, Línea Principal y Alta Velocidad. La forma especial de la hoja de Nabla genera una carga de punta dinámicamente estable en los rieles cuando se aprieta la tuerca.

componentes

- 2 Clip nabla.
- 2 tornillo y tuerca.
- 2 placa isolante.
- 2 almohadillas de goma.

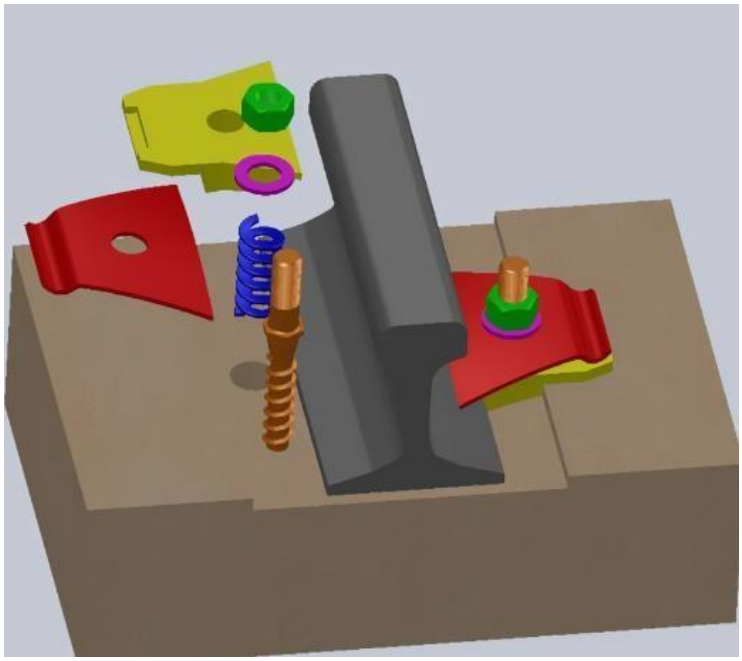


*Figura 5 "Fijación Nabla ensamblada y componentes"*

**SKL**

El Sistema de fijación ferroviaria SKL es, en su mayoría, la estructura de vía férrea más utilizada en las traviesas de hormigón sobre balasto en todo el mundo. Sin placa base, este sistema tiene menores costos en la fabricación.

Sus componentes son:

- Clip elástico SKL: SKL1, SKL3, SKL14, SKL21
- Tirafondos: Ss25, Ss35, DHS35, Ss8
- Funda de plástico:  Sdu9, Sdu25, Sdue S3
- Placa Isolante: Wfp14k, Wfp21k
- Almohadilla: Zw600, Zw700



*Figura 5.1 "Ensamble SKL"*

**Clip E**

El sistema de fijación de rieles con clip E es un sistema muy maduro que se puede utilizar en casi todo tipo de secciones de rieles. Y ahora el sistema de clip E es muy utilizado en todo el mundo.

- Rail Clip: E1809, E2052, E1804, E2055, E2005, E20
- Hombro del carril: Según el dibujo del cliente.
- Placa isolante: Según el dibujo del cliente.
- Almoadillas de riel: Según el dibujo del cliente.

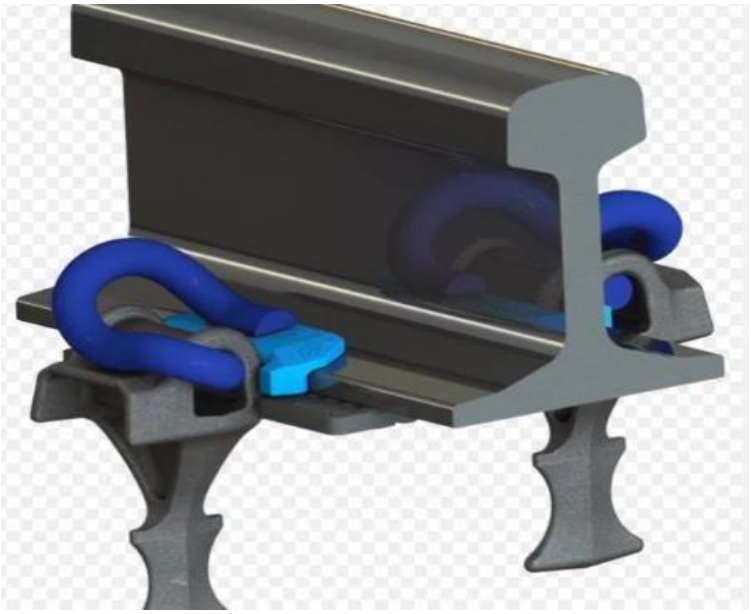


*Figura 5.1.1 "Ensamble Clip E"*

**KPO**

El Sistema de fijación ferroviaria KPO también es ampliamente utilizado en todo el mundo. Pertenece al sistema de sujeción por abrazadera. Las abrazaderas incluyen KPO3, KPO5, KPO6, KPO9, etc. Tiene una mejor fuerza de sujeción y una vida útil más prolongada que un sistema de sujeción normal, y también es el único sistema que se usa ampliamente para rieles de grúa**.**

Piezas requeridas:

- 2 sujeciones KPO
- 2 tirafondos
- 4 pernos Hs
- 2 tuerca Hexagonal
- 2 arandela de resorte
- 1 placa de asiento

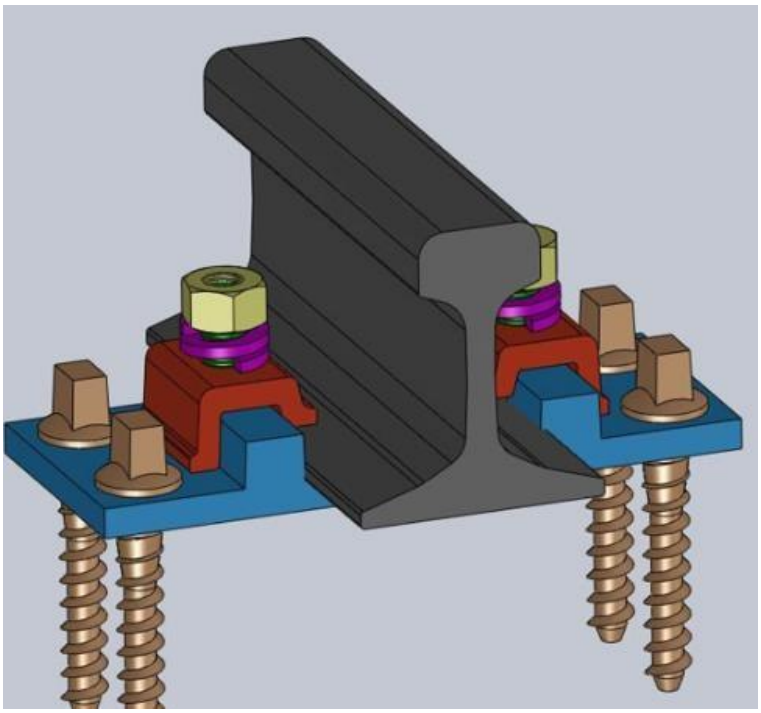


*Figura 5.1.2 "Ensamble KPO"*

## 5- Aparato de vía.

Cambio de agujas en el ferrocarril, s.f, Ingenieria Ferroviaria (Cambio De Agujas En El Ferrocarril: Funcionamiento Y Partes – IFE (ingenieriaferroviaria.com.ar))

Es un componente fundamental en la operación de los trenes. También conocido como aparato de vía o aparato de cambio, En el entorno del ferrocarril, los aparatos de vía desempeñan un papel fundamental para permitir la bifurcación de las vías y facilitar el paso de los trenes de una vía a otra. Uno de los dispositivos más utilizados es el cambio de agujas, el cual consta de varias partes y cumple una función clave en la operación ferroviaria de manera segura y eficiente.

(Guerrero, J. 2017. Ingeniería de Vías Férreas. Lulu.) La explotación comercial de líneas de ferrocarril hace necesario que los trenes puedan pasar de una vía a otra, sin perder la continuidad del guiado, por ellos surgen puntos específicos en la trayectoria de la vía que son conjuntos de aparatos para vía férrea, permiten la conexión.

El desvió ferroviario es aquel en que en un punto convergen dos vías, a donde cruza la vía se le conoce como "ruta reversa" y un cambio que diverge hacia la derecha se denomina "cambio derecho" de forma análoga, cuando diverge a la izquierda se denomina "cambio izquierdo".

Desvió: Desdoblamiento de una a dos vías.



*Figura 5.2 "Desvió"*

Escape o diagonal: conjunto de dos desvíos que permiten el paso de una a otra vía.



*Figura 5.3 "Escape"*

Travesía: Cruce de dos vías.



*Figura 5.4 "Travesía"*

Travesía de unión doble: conjunto de 4 desvíos y una travesía que permiten el paso de una a otra vía en dos sentidos distintos.

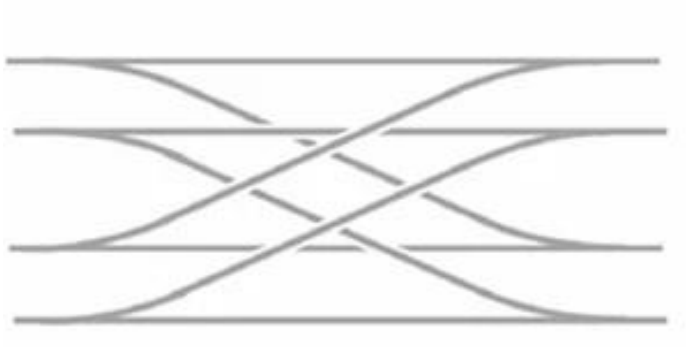


*Figura 5.5 Unión doble*

Se suelen caracterizar por número y esto se refiere a la apertura angular definida por la cantidad de metros longitudinales en relación con los metros transversales. Estos se pueden encontrar en estaciones, talleres o pasos elevados, también en puntos intermedios,

Un aparato del #15, por ejemplo, tiene una apertura de 1 metro en transversal por cada 15 metros

$$tg\ a = \frac{1}{15}$$

Cambio de agujas en el ferrocarril, s.f, Ingeniería Ferroviaria (Cambio De Agujas En El Ferrocarril: Funcionamiento Y Partes – IFE (ingenieriaferroviaria.com.ar))

Los cambios de vía están compuestos por varios componentes principales incluyen:

- Agujas: Son los raíles móviles que permiten el cambio de vía. Pueden ser curvas secantes, curvas tangentes de punta recta o curvas tangentes de punta achaflanada.
- Contraagujas: Son los ríeles fijos que se apoyan en las agujas.

- Contracarriles: Son los raíles que unen las agujas y las contraagujas, solidarizando sus movimientos.
- Corazón: Es la zona de cruce entre los dos trazados. En los desvíos de corazón móvil, se utilizan piezas móviles para asegurar la continuidad de la banda de rodadura.

Cambio de agujas en el ferrocarril, s.f, Ingeniería Ferroviaria (Cambio De Agujas En El Ferrocarril: Funcionamiento Y Partes – IFE (ingenieriaferroviaria.com.ar))

Las vías en las que bifurca un cambio de vía se dividen en dos tipos: vías principales y vías desviadas. La vía principal continúa el trazado de la vía anterior, mientras que la vía desviada se diferencia del trazado anterior y requiere que el tren haga una curva al tomarla.

Uno de los desafíos más importantes de los cambios de vía es la velocidad máxima admisible en la vía desviada. Debido a que la vía desviada no tiene peralte y suele tener un radio de curva pequeño, la aceleración normal es muy fuerte si no se realizan los desvíos con gran longitud. Por lo tanto, los trenes suelen tener que reducir la velocidad al tomar una vía desviada.

En los desvíos convencionales, en el cruce del corazón entre ambos trazados, la rueda del tren tiene que pasar por un tramo en el que no hay carril, lo que puede causar problemas. Para evitar este problema, se utilizan desvíos de corazón móvil, que cuentan con piezas móviles en esta zona para asegurar la continuidad de la banda de rodadura en ambos trayectos.

Los cambios de vía ferrocarril son un elemento esencial en la infraestructura de los trenes, ya que permiten a los trenes cambiar de una vía a otra. Están compuestos por componentes como las agujas, las contraagujas, los contracarriles y el corazón. Además, se definen utilizando parámetros como el ancho de vía, el ángulo del cruzamiento y el tipo de riel. Los desvíos de corazón móvil son una solución para evitar problemas en el cruce del corazón. Esperamos que este artículo te haya proporcionado una visión general de los cambios de vía ferrocarril.

En la siguiente figura se muestra la nomenclatura de un aparato de cambio, sin durmientes para una mejor simplificación.

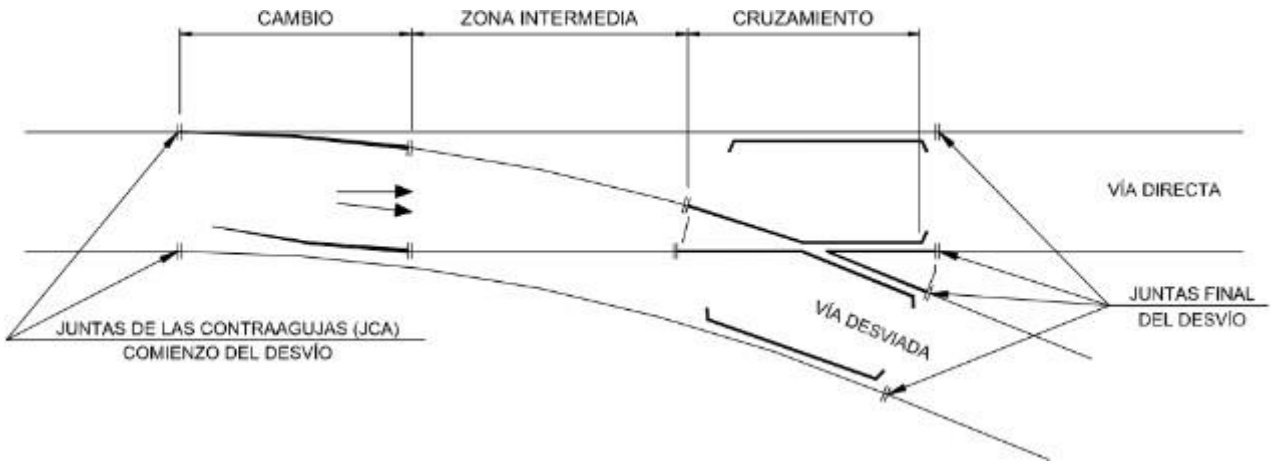



*Figura 5.6 "Nomenclatura simple de un cambió de vía"*

Mas que ingeniería, 2017, Aparatos de via: Los desvíos ferroviarios (Aparatos de vía: los desvíos ferroviarios - MÁS QUE INGENIERÍA (masqueingenieria.com)). El cambio consta de dos conjuntos aguja-contraaguja (semicambios) asentados sobre traviesas. La aguja es móvil excepto en su extremo más próximo al cruzamiento, llamado talón, mientras que la contraaguja es fija y exterior a ella. La aguja acopla con la contraagujas mediante los elementos de accionamiento, para permitir la desviación de las circulaciones.

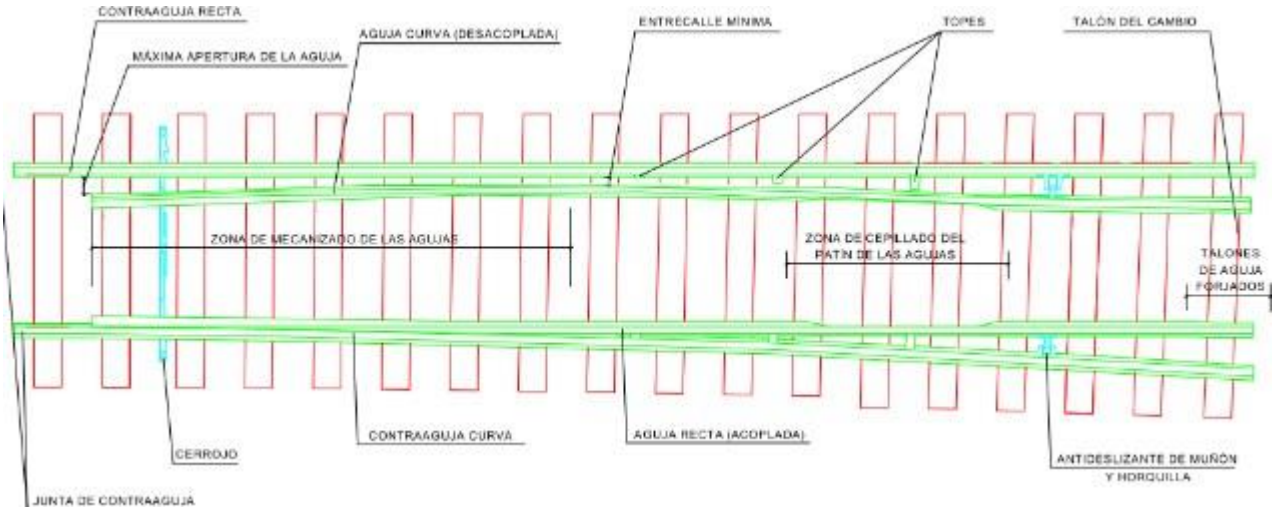



*Figura 5.7 "Explicación simple de un cambio de vía"*

El cruzamiento

El cruzamiento consta de tres partes fundamentales: corazón, contracarriles y carriles exteriores. En el corazón es donde se materializa el corte de uno de los carriles de la vía directa con el de mano contraria de la desviada. El corazón del cruzamiento puede ser recto o curvo, en incluso de punta móvil en el caso de los desvíos de Alta Velocidad, no siendo en este caso necesario el empleo de contracarriles.

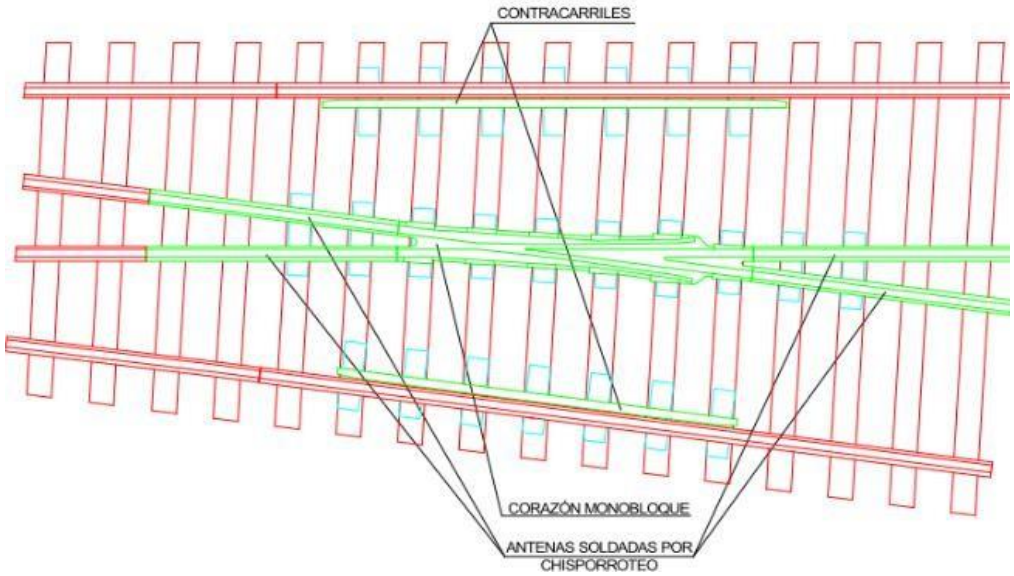
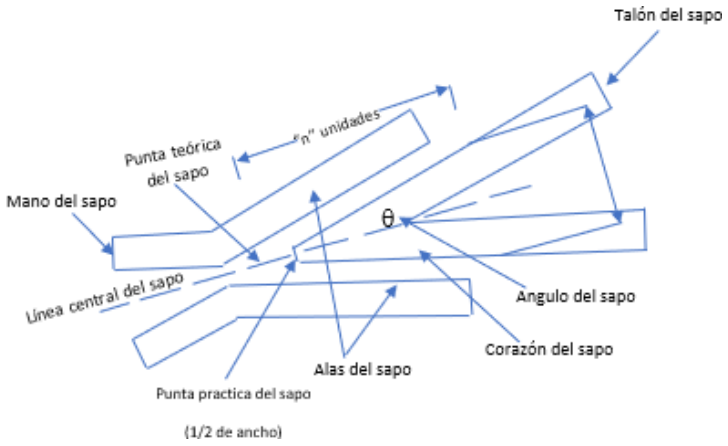



*Figura 5.8 "Partes de un cambio de vía"*

El tiro: Es la distancia entre la punta de aguas y la punta practica del sapo, medida paralela al ojo de la vía recta. Este es un parámetro muy importante para un cambio de vías, el cual viene dado en los diseños específicos de cada cambio.

El número del sapo: es la distancia medida sobre la línea central del corazón del sapo, desde la punta teórica hasta donde la separación entre paños externos del corazón es una unidad.




*5.9 "Nomenclatura del sapo con especificación de numero de sapo y ángulo"*

Generalmente, el número del sapo es un numero entero, pero no es un requisito, los modelos más empleados en México son los diseños de AREMA, FNM, el ferrocarril conrail y el ferrocarril BNSF: cuyos sapos más comunes son los #8, #9, #10, #11, #15 y #20. Y como observamos el corazón del sapo es un triángulo isósceles y la línea central del sapo es la bisectriz de dicho triangulo.

Si dividimos el triángulo isósceles en dos triángulos rectángulos, los parámetros del sapo como el ángulo, pueden obtenerse trigonométricamente con:

$$Tan\frac{\theta}{2} = \frac{1/2}{n}$$

Despeando el ángulo tenemos que:

$$\theta = \frac{(\frac{1}{2})\,2}{Tan\frac{}{n}}$$

$\theta$=Angulo del sapo (Grados, minutos y segundos)

n= número del sapo.

Al tener conocimiento el número del sapo y el ancho de la vía, podemos trazar cualquier desvió.

Todos los planos estándares especifican que bajo la punta de agujas (PA) se coloque un durmiente largo seguido inmediatamente por otro de igual longitud, estos durmientes, estos durmientes sirven para colocar el mecanismo

que da movimiento a las agujas y se denomina “pedestales del cambio”. Y después de estos se colocan una serie de durmientes que se agrupan por distintas longitudes, partiendo de una longitud mucho menor a la de los pedestales e incrementando conforme a la curva del desvió se va separando para la vía recta.

En cuanto al espaciamiento entre durmientes de cambio, este es variable y obedece a razones tales como la posición de diversos elementos y planos de diferentes instituciones, pero esto no afecta la geometría del desvió.

## 6.- Maquinaria para lograr el proceso de armado de la superestructura.

Multicalzadora.

Mantenimiento de vias ferreas s,f, Ingenieria de vias ferreas (ingenieriaferroviaria.com.ar)) La multicalzadora, también conocida como bateadora, es una máquina especializada diseñada para ajustar y mantener el nivel y la alineación precisos de las vías férreas. Su función principal es garantizar un viaje seguro y eficiente para los trenes al nivelar y alinear las vías de manera adecuada.

La multicalzadora utiliza una serie de sensores y láseres para medir la altura de la vía en tiempo real. Si se detecta una desviación del nivel deseado, la máquina ajusta automáticamente la altura de las traviesas y los rieles para corregirlo. De esta manera, se garantiza que las vías estén perfectamente niveladas y alineadas, evitando problemas y asegurando un viaje suave para los trenes.



*6.0 “Multicalzadora Jackson 6700S”*

El bateo de balasto es un proceso esencial en el mantenimiento de las vías férreas. Consiste en la colocación de balasto debajo de las traviesas, justo en la vertical del riel, dejando el centro de la traviesa sin balasto. Este proceso tiene como objetivo corregir las deformaciones y malformaciones que se producen en las traviesas debido a la presión ejercida por el paso de los trenes.

Balastera

Rail Equipment Marketplace, 2024, Ballast Regulator(Unk Kershaw 26-2-1 26-2-1 Ballast Regulator REM_1780-BR - Rail Equipment Marketplace) Para regular y perfilar de manera óptima la cantidad exacta de balasto, para trabajar en línea y en cambios, para trabajar en conjunto con bateadoras de trabajo cíclico o continuo, para redes pequeñas y también para líneas de alta velocidad. El lecho de balasto evita que aparezcan pandeos en la vía. Para ello la premisa es que el perfil de la banqueta esté realizado correctamente. Esto implica, que las cantidades

adecuadas de balasto estén distribuidas de la manera más homogénea posible, cumpliendo el perfil teórico a lo largo de toda la línea.

Para poder ejecutar un bateo duradero, tiene que haber balasto suficiente. Precisamente en los últimos años pesan cada vez más las razones económicas en la necesidad de contar con un perfil homogéneo de la banqueta, dado que el balasto excesivo inmoviliza una importante cantidad de recursos financieros. Es más rentable distribuir el balasto disponible de manera correcta y homogénea y reducir así las necesidades de balasto nuevo.

Los arados laterales perfilan el flanco de la banqueta, es decir, crean el ángulo correcto del talud. Para ello, los arados laterales arrastran el balasto hacia la zona superior, en dirección a la corona de la banqueta. Allí, el arado central recoge el balasto y lo distribuye según la posición de las chapas guía. A continuación, una instalación de barrido retira las piedras que hayan quedado depositadas sobre las traviesas. Este balasto sobrante o bien se descarga lateralmente o – en aras de una mayor rentabilidad – se transporta a una tolva de almacenamiento a través de una cinta transportadora. Allí el balasto almacenado queda disponible para su distribución en zonas con falta de balasto.



*Figura 6.1 Balastera kershaw 26 2 1 regulator"*

Desclavadora

El proceso consta de una cuña hidráulica que se engancha a los clavos o tirafondos y la saca de su posición en el durmiente y los deja sobre la via, un trabajador va detrás de ella recogiendo la fijación vieja. A la hora de insertar durmientes se encarga de levantar el riel para que un trabajador coloque la placa de sujeción en el lugar correspondiente para que este se encargue de apretar los tirafondos.



*Figura 6.1.1 "Desclavadora sobre vía"*

Insertadora o Cambiadora de durmientes

El cabezal levanta los rieles, puesto que la desclavadora se encargó de retirar los tirafondos, posterior a esto, la pinza sujeta al durmiente y lo retira a un lado de la vía, los trabajadores se encargan de retirar las placas y almohadillas que se quedan tiradas en la vía.



*Figura 6.2 Insertador de durmientes TR1 Fairmont Tamper*

Escarificador Rotativo

Cuenta con un cabezal con dientes reforzados que contienen puntas aplanadas y afiladas, su trabajo es abrir espacio en el balasto para dejar espacio para insertar los durmientes.



*Figura 6.2.1 "Escarificador en vía"*

# CAPÍTULO III

# DESARROLLO

**Gestión del proyecto:**

La gestión de proyectos de construcción involucra una serie de procesos complejos y dinámicos que requieren una coordinación y planificación meticulosa. El papel del gerente de la empresa, en este caso, el Ingeniero José Manuel, es crucial para el éxito del proyecto. Su experiencia internacional y la capacidad de moverse entre países para supervisar nuevos proyectos es un testimonio de la globalización del sector de la construcción, trabajar como contratista te lleva a conocer un sinfín de personas, El proceso de selección mediante sorteos, para la evaluación del personal más calificado para cumplir con las expectativas de la empresa contratante se ganó el 13 de noviembre mientras se trabajaba en un viaducto en Oaxaca para "Grupo Carso", más sin embargo la logística de trasladar al personal y la contratación de nuevos miembros del equipo son tareas que comienzan mucho antes de la fecha de inicio del proyecto, lo que demuestra la importancia de una planificación anticipada. Además, la búsqueda de alojamiento adecuado para el personal es un desafío en sí mismo, especialmente en localidades pequeñas donde las opciones son limitadas, debido a lo pequeño de esta. La colaboración con la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) para el préstamo de un terreno adecuado para el campamento refleja la necesidad de cooperación entre diferentes entidades para facilitar la infraestructura necesaria, el traslado comenzó el 1 de diciembre, este se encontraba en las afueras de la localidad de Conhuas, pese a la elección de la compañía "ROCH: CAMPAMENTOS Y HOSPEDAJE" pese a la comodidad de estos campamentos las condiciones del sitio como difíciles accesos para la entrada y salida del lugar, complicaban un poco la movilidad para el personal de mano de obra ya que solo se podía salir y entrar con el vehículo, Los campamentos contaba con

- 4 carpas para literas.

Cada carpa contaba con aire acondicionado, colchón y almohada junto con loquer para cada persona en campamento.




*Figura 7.0 "Campamentos en Conhuas"*



*Figura 7.1 "Instalación interior del campamento"*

1 carpa para oficina y a su vez se utilizaba también para almacén, al término del turno laboral se colocaba la herramienta pequeña y se colocaba todo bajo llave



*Figura 7.2 "Oficinas de As5"*

- 1 contenedor

En el lado izquierdo se encontraban las regaderas y en la puerta derecha los baños.




*Figura 7.3 "Contenedor Rocher"*

Este contaba con 5 baños, dos para mujeres y tres para hombres.



*Figura 7.4" Baños"*

Estos baños incluían todos los servicios como jabón, papel y el personal de limpieza.



*7.5 "Pasillo por dentro del contenedor"*

5 regaderas, disponibles las 24 horas del día, había especifico el horario de 8:00 pm para mujeres, esto para cuidar a las mujeres de malas experiencias que se pudieran presentar con el personal masculino del campamento, aunque no era obligatorio y podías ducharte en cualquier otro horario.



*Figura 7.6 "Regaderas dentro del contenedor"*

Este enfoque integral en la gestión de proyectos de construcción, que abarca desde la selección del personal hasta la logística de alojamiento y transporte, es indicativo de la complejidad de llevar a cabo proyectos de infraestructura de gran escala en entornos desafiantes.

Cada decisión tomada, desde la selección del Superintendente hasta la elección del proveedor de alojamiento, tiene un impacto significativo en el presupuesto y, en última instancia, el éxito del proyecto. La capacidad de adaptarse a las circunstancias cambiantes y de trabajar con una variedad de representantes y factores es esencial para cualquier líder en el campo de la construcción y la ingeniería.

La llegada del personal esencial a Conhuas en Campeche al tramo 7, se designó para el día 3 de diciembre iniciando las actividades el día lunes 4 de diciembre.

Llego:

- 1 super intendente de obra
- 1 jefe de obra
- 3 auxiliares de obra
- 3 cabos

Esto refleja una jerarquía bien definida que busca optimizar la gestión y ejecución de las tareas. La conformación de las cuadrillas, cada una compuesta por un auxiliar de obra, un cabo y dos ayudantes generales, demuestra una estrategia pensada para la distribución eficiente del trabajo entre los 14 individuos asignados a tres frentes de labor distintos.
El horario establecido, de 6 am a 6 pm, sugiere una jornada extensa diseñada para maximizar la productividad durante las horas de luz diurna, lo cual es común en proyectos de construcción de gran escala, en lo personal, el tiempo que llevo trabajando en construcción es el horario más común, y suelen trabajarse las horas extra en gran medida alargando los horarios de 6 am a 10 pm.
Sin embargo, el retraso en el inicio de las actividades hasta el 17 de diciembre, a pesar de la llegada puntual del personal, indica la presencia de factores imprevistos que afectaron el cronograma inicial por motivos fuera de nuestro alcance. Estos contratiempos, aunque tediosos, son parte de la dinámica de cualquier proyecto complejo y requieren de una gestión ágil y adaptativa para superarlos.

**Proceso de Ensamblaje de la Superestructura**

La topografía es una disciplina esencial en la ingeniería y construcción, proporciona datos puntuales sobre la configuración del terreno, crucial para cualquier proyecto bien hecho. El proceso comienza eligiendo el método de levantamiento más conveniente. Se hace la marcación de puntos de referencia, la empresa contratante se encargó del levantamiento de los primeros 80 metros para asegurar la guía alineación correcta y la nivelación del terreno.

**Colocación de la Primera Capa de Balasto**

- **Selección del Balasto:** En el caso que nos ocupa, la selección del balasto estuvo fuera del control del equipo de trabajo, como vimos en el marco teórico podemos decir que el balasto es piedra machacada de granulometría variable ya que la empresa contratante, SEDENA, contaba con su

propio banco de materiales. Este hecho, sumado a la insuficiencia de la trituradora de piedra, provocó retrasos significativos en el proyecto, ya que la falta de balasto detuvo el trabajo durante varias semanas aunado a las diferentes maniobras del Sedena para manejar el terraplén provoco que este se contaminara y se tuviera que sustituir

**Distribución del Balasto:** Para optimizar la distribución del balasto, se adaptó una máquina Spray Jet Vogele 1800-3, originalmente diseñada para concreto, lo que permitió acelerar el proceso de tendido que de otra manera hubiera sido manual y mucho más lento. Esta adaptación fue una solución ingeniosa ante la premura del tiempo entre la adjudicación del proyecto y el inicio de las actividades. La máquina, tras ser liberada de un proyecto previo en Escárcega, fue trasladada en dos días para su uso en Conhuas.



*Figura 7.6.1 "Puesta en marcha de Vogele"*




*Figura 7.7 Descarga de balasto para formación de la primera capa de balasto"*

- Una vez en el sitio, se extendió una capa uniforme de balasto de 3.5 metros de ancho y 20 cm de espesor sobre el terreno ya preparado. En el centro de esta capa, se realizó una zanja de 70 cm de longitud y una profundidad de entre 7 y 10 cm utilizando la misma máquina Spray Jet.



*Figura 7.8 "Tendido de balasto"*

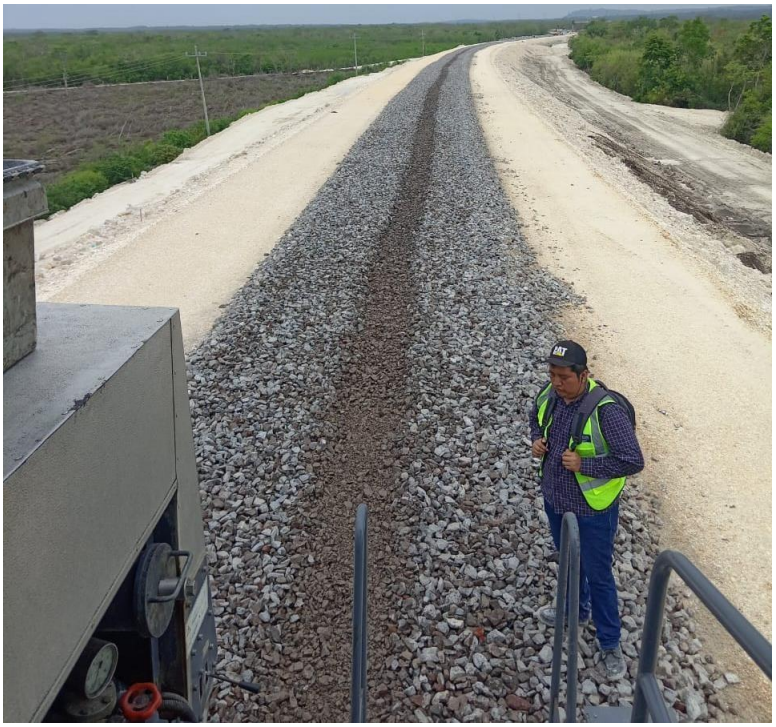


*Figura 7.9 "Primera capa de balasto cumpliendo con especificaciones"*

- **Compactación:** La compactación de la primera capa es otro paso vital, y aunque no se contaba con compactadoras vibratorias, se utilizó maquinaria pesada con orugas y un peso de 25 toneladas, lo cual resultó ser una alternativa eficaz para compactar el balasto y asegurar una base sólida y estable para el proyecto. Estos ajustes y soluciones demuestran la capacidad de adaptación y resolución de problemas del equipo frente a los desafíos que surgieron durante la construcción.



*Figura 8.0 "Balasto compactado para la instalación de durmientes"*

Maquinaria para utilizar

| Spray Jet Vogele 1800-3 | |
|---|---|
| Modificaciones | - Aspas más grandes y fabricadas con acero resistente que normalmente se utilizan para concreto, se logra una herramienta más adecuada para excavar zanjas en la cama de balasto, permitiendo que el material se mueva con mayor fluidez y sin forzar el equipo.<br>- Tolva de recepción de material agrandado |

Tabla 6" Modificaciones de maquinaria para asfalto adaptada a vías férreas"

Esta adaptación no solo mejora la velocidad del trabajo, sino que también contribuye a la durabilidad del equipo, ya que reduce el desgaste causado por el manejo de materiales pesados y abrasivos. Además, al agrandar el orificio de recepción del material, se facilita el paso del balasto, lo que permite una distribución más uniforme y eficiente.

Se utiliza un operador.

- 1 ayudante general

- 2 sensoristas.




*Figura 8.1 "Spray Jet Vogele"*



*Figura 8.1.1 "Descarga de balasto sobre Vogele"*

**Instalación de Durmientes**

- **Selección de Durmientes:**

  La elección fue durmientes de concreto monolítico de tipo 1 con dimensiones de 250x0.30x0.26 cm. La producción de estos elementos en una planta de prefabricados garantiza una calidad constante y una integración perfecta con el balasto producido por la empresa contratante, El uso de un Hiab de 550-2 para el traslado de los durmientes con una capacidad de de 200 toneladas para que este equipo permite transportar 100 durmientes, cada uno pesando 200 kg, en un solo viaje.



*Figura 8.2 DL Groupe. (2016) * Hiab de 550-2. Recuperado de mjlgroupe.com"*

La distribución de los durmientes en una distancia consecutiva con respecto a la perpendicular de los rieles es un detalle técnico que refleja la precisión requerida en la instalación de la superestructura esta asegura que las fuerzas ejercidas por los trenes en movimiento se distribuyan de manera uniforme a lo largo de la vía, la selección y manejo de los durmientes de concreto son indicativos de un enfoque meticuloso.



*Figura 8.3 "Colocación y orden de durmientes en la capa de balasto"*

La herramienta conocida como "pulpo" para la colocación de durmientes es un dispositivo donde su diseño permite manejar múltiples durmientes simultáneamente, la versión utilizada por As5, es de mayor longitud, adecuada para manejar la distancia específica entre cinco durmientes. el hecho de que solo se requieran cuatro personas para operarla. Este tipo de innovaciones promueve la seguridad en el lugar de trabajo, al minimizar el esfuerzo físico y el riesgo de lesiones entre los trabajadores, ya que, investigando, he visualizado en otrs lugares donde se utilizan eslingas e influye un gran esfuerzo para los maniobristas el asegurar cada elemento uno por uno.



*Figura 8.4 "Vial LLC. (2015). Recuperado de Traslado, colocación y orden de durmientes de hormigon - Sarmiento - YouTube"*

Al colocar los durmientes de manera uniforme, con su centro alineado con la zanja previamente excavada en la capa de balasto, se distribuye de manera óptima el peso de los rieles, técnica crucial, que evita la concentración de tensiones que podría provocar la fractura o de los durmientes.



*Figura 8.4.1 "Durmientes antes de la alineación"*

**Fijación:** Las almohadillas de neopreno son esenciales para proporcionar una base estable y amortiguadora para los rieles, lo que ayuda a absorber las vibraciones y a reducir el ruido generado por el paso de los trenes. Los tirafondos, por su parte, son fundamentales para asegurar las arañas o clips, que mantienen los rieles firmemente en su lugar, evitando desplazamientos que podrían resultar en accidentes o interrupciones del servicio. La clasificación de las fijaciones se da en función de su anclaje esta se llama fijación elástica "SKL" con clip en forma de E, conformada por perno RS (Tirafondo), almohadilla amortiguadora, clip en forma de e, roldana de soporte para el clip y placas acodadas como dato también podemos destacar que la vía ordinaria se encuentra en clasificación "directa".



*Figura 8.5 "Almohadillas, placas acodadas, tirafondos y clips antes de ser colocados"*



*Figura 8.6 "Fijación ya ubicada al durmiente"*

El proceso de descarga y alineación de los durmientes, una vez que se termina de descargar el hiab hay personas designadas para ir colocando sobrepuestos las almohadillas y tirafondos, una vez que se termina de descargar el viaje de la hiab y colocar las fijaciones, se programaba al otro día el equipo de colocación de rieles, al inicio estaba todo el equipo de trabajo en los movimientos debido a la falta de actividad, posteriormente se fue separando al personal para hacerse cargo de diferentes actividades, en la cuadrilla de colocación de rieles estába en contante movimiento de un punto a otro haciendo las tareas asignadas de los demás equipos debido a la presión de tiempo y carga de trabajo, es por ello que era importante asignar responsabilidades específicas para mejorar la eficiencia y la seguridad en el sitio de trabajo.

Nos enfrenta a desafío de mantener el ritmo de trabajo y asegurar que cada sección de la vía se complete según lo programado. Esto implica una constante movilización de recursos y personal, y una comunicación efectiva para anticipar y resolver cualquier problema que pueda surgir.

Maquinaria y herramienta a utilizada

| Hiab | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Par de Carga: 536 kNm | Longitud: 8.5 metros | Ancho: 2.5 metros | Altura: 3.2 metros | Capacidad de Carga: 10 toneladas | Peso: 12,000 kg |

Tabla 7 "Especificaciones técnicas del hiab de la empresa"




*Figura 8.7 "Maniobras realizadas en tramo"*

| Barreta de punta con escoplo de 60 mm | | | |
|---|---|---|---|
| Fabricada en acero con sección hexagonal | Diámetro: 7/8 in | Largo: 125 cm | Peso: 6 kg |

Tabla 8 "Especificaciones de la herramienta básica"



*Figura 8.8 "Barretas utilizadas"*

| Pulpo | | |
|---|---|---|
| Acero resistente | Cadenas de 3/8 in de 8 m longitud | Capacidad de 1200 kg |

Tabla 9 Especificaciones básicas del pulpo

Personal:

- 1 operador de Hiab
- 4 maniobristas
- 2 ayudantes generales para colocación de fijación.

**Colocación de Rieles**

- **Selección de Rieles:** La selección de rieles de acero de calibre 115 lb/yd por parte de la empresa contratante refleja una elección robusta y duradera. Con una longitud de 24.40 metros, estos rieles son capaces de soportar las cargas y tensiones ejercidas por el tráfico ferroviario. El peso de 1,388.36 kg por riel asegura que permanezcan estables, los cuales deben de abarcar 41 durmientes por riel.



*Figura 8.9 "Traslado de riel para su posterior colocación"*

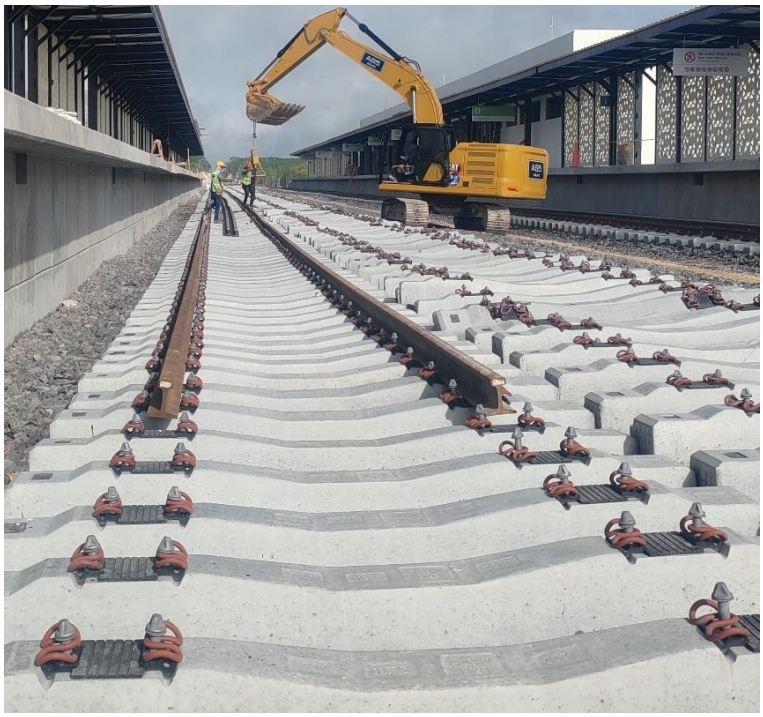


*Figura 9 "Par de rieles ya montados en durmientes"*

La logística de colocación de rieles requiere precisión y el uso de un Titan Manitex de 28 toneladas para mover los rieles desde el banco de habilitado hasta su posición final. La estrategia de distribución o "tendido" de los rieles cada 50 metros facilita su colocación, permitiendo que la maquinaria los ajuste con mayor eficiencia. Sin

embargo, cuando la descarga se realiza en un único punto, la maniobra se complica, puesto que se utilizaba una excavadora con movimiento de oruga, que es menos ágil que otras maquinarias.




*Figura 9.1 "Descarga de rieles"*



*Figura 9.1.1 "Descarga de rieles en una ubicación no favorable"*

Se puede observar en la Figura 9.1 con en las vías ordinarias ya se han colocado los rieles, por lo que el montaje conlleva a una gran cantidad de tiempos muertos en el traslado para colocación, por ello es importante implementar el "tendido de rieles" y una cuadrilla que se encargue exclusivamente de esta parte.

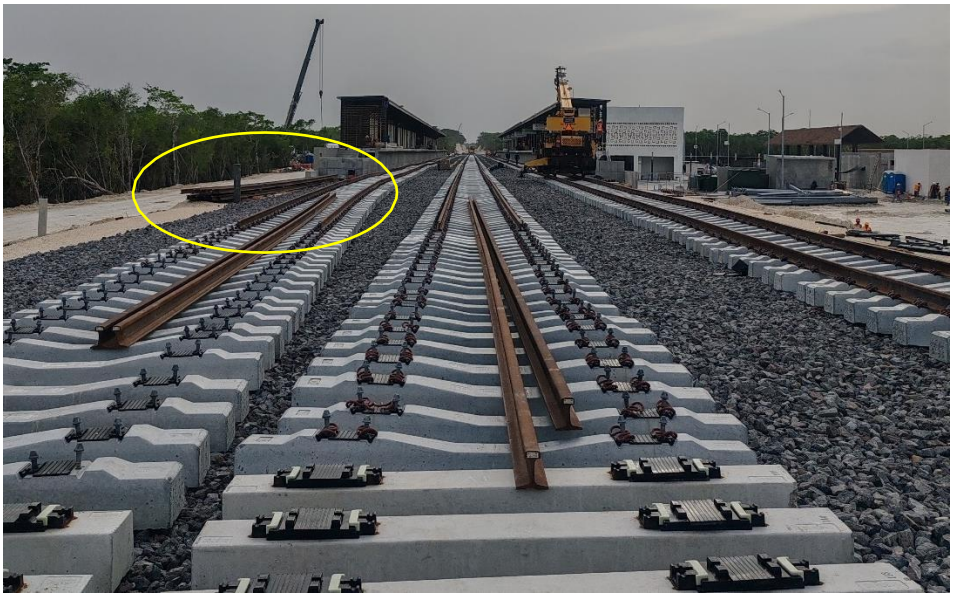


*Figura 9.2 "Tendido de rieles desde una mala ubicación de descarga"*

Esta limitación reduce significativamente el número de pares de rieles que se pueden colocar en un día, pasando de 15 a solo 8 pares. La causa de que el Titan tirara los rieles de una u otra forma era la mala comunicación con el superintendente de obra, puesto que el casi no se encontraba en campo, por ende, no conocía los movimientos y las maniobras para requerir menor tiempo en estos y las instrucciones cambiantes alteraban la planificación y afectaban los tiempos, generando que las visitas impidieran garantizar una operación fluida y eficiente.




*Figura 9.3 Colocación de rieles desde un punto mal ubicado de la descarga"*

Alineación de Rieles**:** Los rieles se deben acomodar utilizando el balancín, cadenas y pinzas para riel, para asegurar una manipulación segura y evitar accidentes durante el izaje. La alineación de los durmientes influye en el correcto asentamiento de los rieles en las suelas de caucho, las cuales están aisladas eléctricamente. Si los rieles no se asientan adecuadamente, por diversos factores como temperatura o que se curvaron por forzarlos a sentarlos en los durmientes, es necesario realizar ajustes manuales para corregir la posición en su eje o la nivelación con barretas y gatos hidráulicos hasta desmontar y volver a realizar el izaje, si es el caso. En ocasiones, el equipo encargado de la colocación de rieles debe adelantarse a las etapas de alineación y trabelaje, asumiendo responsabilidades adicionales para mantener el progreso del proyecto. Debido a que el cliente puede solicitar la colocación inmediata de los rieles, sin darnos tiempo a nosotros de seguir el proceso establecido.

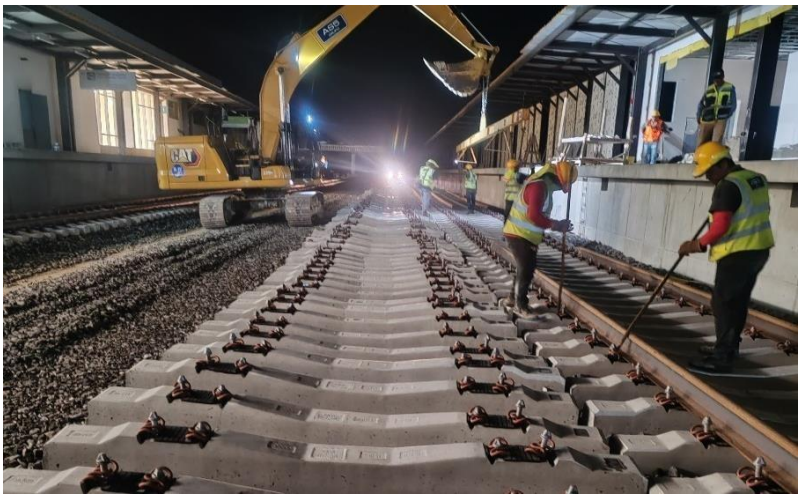


*Figura 9.4 "Alineación de riel, debido a falta de alineación de durmientes"*

Fijación a Rieles: Los tirafondos, que se instalan en cada extremo de los durmientes, aseguran los rieles en su lugar con la ayuda de las arañas, que son clips que mantienen una tensión adecuada. La herramienta especializada para apretar estos tirafondos es conocida como "tirafondera", es interesante notar que se importaron dos de estas herramientas desde Alemania a un costo considerable de 500 mil pesos.



*Figura 9.5 "Riel antes de ajustar fijación"*



*Figura 9.6 "Riel con ajuste de fijación en un tirafondo y el otro no"*



*Figura 9.7 "Riel con ajuste de fijación cara activa"*

Debemos destacar que es la separación entre el final de un riel y el comienzo de otro, debe ser medida con exactitud y es denominada "Cala", en el caso del tren maya, esta separación fue estipulada en 3 cm, lo cual es ligeramente menor que la norma general de 5 cm utilizada en proyectos ordinarios. Esta diferencia puede deberse a variaciones en las especificaciones técnicas o a requisitos particulares.

Suele presentarse que al utilizar la tirafondera el durmiente se levanta de su posición sobre el balasto, lo que indica una mala nivelación, en estos casos se utilizan palas para rellenar el espacio vacío de la parte inferior del durmiente con balasto, lo que se le denomina, "nivelación visual".



*Figura 9.8 "Apriete de tornillería con tirafondera"*



Figura 9.9 “Apriete de tornillería con crucetas”



*Figura 9.10 “Levantamiento de durmientes a causa de apriete de tornillería”*

Cada componente, desde los tirafondos hasta la "Cala", cumple con una función específica que, en conjunto, contribuye al funcionamiento armónico del sistema férreo todo esto demuestra la complejidad y la importancia de estas prácticas de ingeniería en la creación de una red de transporte que servirá a las generaciones futuras**.**

Debido a que la colocación fue en diferentes partes del tramo y no de forma lineal, al unir un punto con otro se presentaron casos como la variabilidad en las dimensiones de los espacios de la colocación de los rieles. El corte de los rieles, formando otros más pequeños se le denomina "cupones", para ajustarlos a espacios menores de 24.40 metros es una práctica común, donde se podía jugar con las medidas, pero asegurar que cada segmento cortado mantenga una longitud mínima de 8 metros según proyecto para su reutilización.

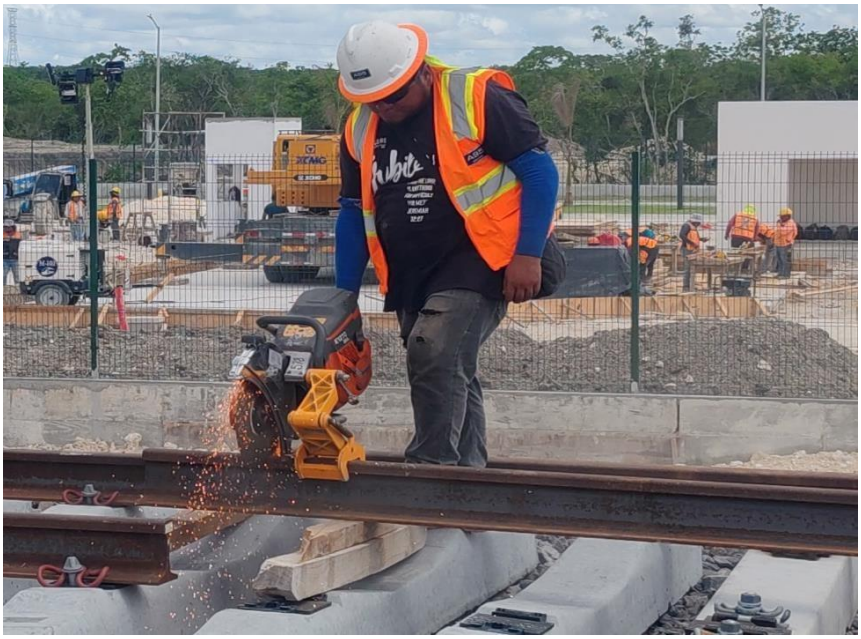


*Figura 10.1 "Corte de cupones"*

En el mes de junio luego de estar colocando 6 meses rieles con excavadora y balancín, semanas después de ubicarnos para la colocación en la estación de Calakmul, se presenta la llegada de una grúa con hail riel, lo cual represento una mejora significativa en la eficiencia de este proceso, permitiendo una colocación más rápida y efectiva de los rieles, como se evidenció en la estación cubriendo 584.40 metros de 24 pares de riel de vía ordinaria.

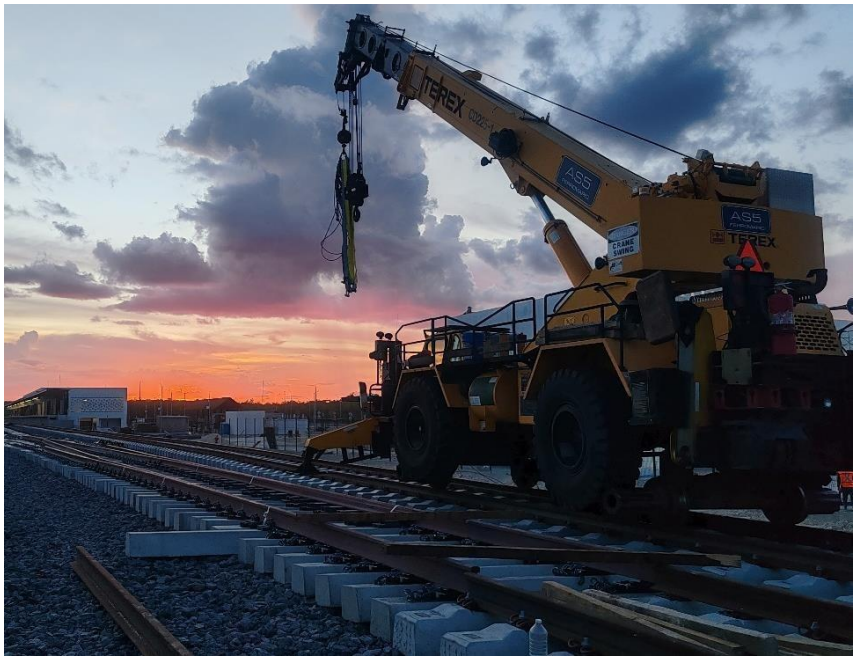



*Figura 10.1.1 "Llegada de la grúa a tramo y montada sobre la vía"*

Caba resaltar que la calidad de los rieles es un aspecto crítico; los incidentes donde los rieles se desprenden durante el corte de manera abrupta, aun sin contar con presión de peso ejercida, algunas veces desde el inicio del corte, por lo que los expertos en el campo, con años de experiencia comentan la terrible calidad del material.

Las herramientas y maquinaria que se utilizaban para esta actividad son:

- Barretas de punta con escoplo.

| Pinzas para riel. | | | |
|---|---|---|---|
| Robustas | Acero de alta resistencia | Peso 30 kg. | 2 toneladas de capacidad de carga |

Tabla 10 "Especificaciones de las pinzas para riel"

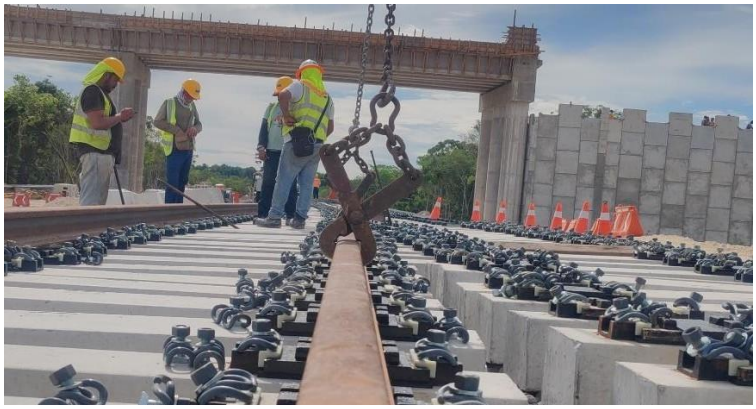


*Figura 10.2 "Pinzas para riel ya colocadas"*

| Cadenas | | | |
|---|---|---|---|
| de 3/8 in con | longitud de 8 m | Capacidad: 1200 kg. | |
| Gatos de escalera | | | |
| Capacidad de 10 toneladas | Alt. min. de soporte superior: 830 mm. | Peso de 51 kg | Alt. max. de soporte superior: 1220 mm. |

Tabla 11 "Detalles de la herramienta utilizada"



*Figura 10.3 "Gatos utilizados"*

- Palas cuadradas.
- Hilo cáñamo.

| Tirafondera | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Motor/Potencia<br>Gasolina | Aflojamiento<br>103 daN.m | 2 velocidades | Con carro | Dimensiones:<br>1.920 x 530 x 925 mm | Peso:<br>100kg |

Tabla 12 "Especificaciones técnicas de la tirafondera"

- Cruceta con dado de ¾ in (apriete de tirafondos de manera manual).
- Avión (con la medida de 60 cm del trabelaje para marcar sobre riel y agilizar el proceso)

| Titan Manitex (Grúa pluma) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Capacidad:<br>28 T | con una pluma principal proporcional de 4 secciones de 28' a 92' | altura máxima de punta de 149,1' (45,4 m) con la extensión de pluma opcional de 2 secciones de 26' a 46' | Modelo:<br>892C | Año:<br>2016 |

Tabla 13 Especificaciones técnicas del titan"

**Trabelaje y Alineación.**

La palabra "trabelaje" no parece tener una definición reconocida en las principales fuentes de información y diccionarios de la lengua española, sin embargo, se refiere a la acción de dar al durmiente las medidas entre uno y otro en base al eje, la cual no es específicamente necesaria para la funcionalidad de la vía, puesto que hay proyectos donde por falta de tiempo se saltan ese paso y no hay consecuencias negativas, este se realiza únicamente por estética de la vía férrea.

Aquí se va  a resaltar que había un grupo destinado únicamente para trabelaje y alineación, esta actividad requería mucho detalle, Es común que, en situaciones donde los recursos son limitados, como en el caso de una única cuadrilla encargada del trabelaje y alineación, se presenten la sobrecarga de trabajo que puede llevar a retrasos y a la necesidad de que otros equipos asuman tareas adicionales para cumplir con los plazos establecidos y la cuadrilla de colocación de rieles se encargaba también de esa actividad, y después,  alineación y trabelaje llegaban a rectificar lo que ya habíamos hecho. La alineación visual de rieles es un método que tuvimos que utilizar como último recurso, como solución al no disponer de equipos de topografía, ni marcas de topografía más que las primeras marcas que realizo la empresa cliente para la guía de balasto. Este proceso requiere de una gran habilidad y experiencia del cual se contaba por el cabo del equipo, este nos capacito para estimar la alineación correcta a simple vista, esto constaba en colocar un hilo guía en el eje de un durmiente el cual considerábamos que estaba alineado con la vía precisa a un durmiente que estuviera 15 metros más adelante a la misma altura que ese, por consiguiente, los durmientes intermedios se movían con barretas hacia la derecha o izquierda a como fuese necesario. A pesar de las dificultades, el equipo de colocación de rieles logró alinear 22.5 kilómetros. El equipo de topografía llego hasta el 28 de junio.



*Figura 10.4 Trabelaje de y alineación de durmientes"*

La cuadrilla exclusiva de trabelaje iba rectificando las medidas atrás del equipo de colocación de rieles, en estos 22.5 km. Para esta actividad se necesitaban 2 personas por lado para manejar los durmientes, 4 personas por durmiente en total y una la persona encargada de marcar con la herramienta denominada "avión" que ya contaba

con la distancia que debía de llevar los ejes de los durmientes para optimizar el tiempo de estar midiendo, 1 persona lo acompañaba marcando el riel y 4 personas atrás iban trabeleando.

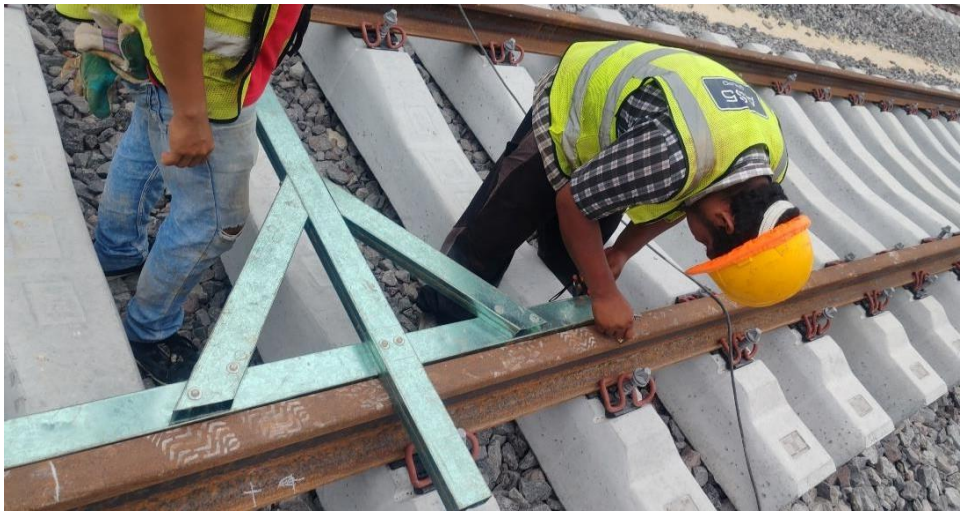


*Figura 10.5 Marcación de la distancia entre durmientes con el avión"*

Al fijar el riel al durmiente, se reduce la necesidad de mano de obra, pasando de cuatro a dos personas por durmiente. Esto no solo mejora la eficiencia, sino que también permite reasignar recursos donde se necesiten más. Con un equipo de ocho personas, la cuadrilla puede trabajar de manera más coordinada y ágil, asegurando que la medida del durmiente se mantenga constante, incluso si se mueve de un extremo. Esta metodología refleja la importancia de la adaptabilidad.



*Figura 10.5.1 "Equipo de trabelaje"*

Al término de este se colocaban las bridas, que se mantienen temporalmente, permiten una unión mecánica firme entre los rieles mientras se completa la soldadura de la cala, que como explique anteriormente es espacio entre el riel inicial y el riel final. Idealmente, este proceso sería mejor con el uso de maquinaria hidráulica, ya que facilitaría la colocación de las bridas de manera más eficiente y con menos esfuerzo físico. Sin embargo, este no era el caso para disponer de dicha maquinaria, por lo que el proceso se lleva a cabo manualmente, a veces con la asistencia de gatos de escalera y barretas, para ajustar y alinear los rieles con precisión.



*Figura 10.6 "Bridas"*



*Figura 10.7 Se quitan tornillos y se amolda la brida por ambas caras del riel"*



*Figura 10.8 "Una vez ajustado se alinean los rieles para la colocación de tornillos"*



*Figura 10.9 Una vez alineados 1se hace apriete de tornilleria"*

Uso de maquinaria o herramienta para nivelación y trabelaje.

- 1 avión.
- 8 barretas
- Hilo cáñamo
- Gatos Hidráulicos de escalera

**Unión de Rieles (Soldadura Aluminotérmica)**

- **Métodos de Unión:** Este método no solo proporciona una conexión duradera y confiable, sino que también es notablemente rápido, con un proceso de soldadura que se completa en aproximadamente cinco minutos, reduciendo significativamente el tiempo de inactividad en las operaciones ferroviarias.




*Figura 11 "Camión soldador"*

Al realizar esta actividad por la noche lo utilizamos como método neutralizar la expansión térmica de los rieles debido al calor del día, el calor de la soldadura permite la dilatación del carril y se solda también, haciendo la neutralización de tensiones y la unión de los rieles al mismo tiempo. En este paso se usó de un camión soldador con riel que contaba con la máquina para soldar, la contratación de una empresa especializada como Holland para proporcionar servicios de soldadura móvil y personal calificado.



*Figura 11.1 "Soldando por chisporroteo"*

Contaban con su propio operador, 4 personas para operar la máquina de soldar y una checadora por parte de As5 para monitorear el proceso asegura que la soldadura se realice dentro del tiempo óptimo y con los estándares de calidad requeridos. Una vez enfriado el acero se esmerila dando forma a la cabeza del carril, este se encuentra listo para liberar o habiendo diferencia alguna con el perfil original en el plano de rodadura y la cara activa del carril, contábamos con 6 personas por parte de As5 como ayudantes generales para retirar las bridas




*Figura 11.2 "Soldando por chisporroteo de día"*



*Figura 11.3 Esmerilado del riel después de soldadura"*

- **Inspección de Uniones:** El único soldador que manejábamos pasaba revisando cada soldadura y ponía sus iniciales para liberar el trazo.




*Figura 11.4 Cala Soldada y previamente esmerilada lista para liberación"*

Equipos y Herramientas:

Maquinaria Pesada: camión soldador de riel Holland mw522 en maniobras para ingreso a ladero.

| Esmeriladora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Potencia 2000 w | Modelo ESMA-9N3 | Peso de 7 kg | Numero de velocidades 6200 | Mango ajustable de 3 posiciones | Longitud 53 cm |
| | | | | | Altura 13 m |

Tabla 14 "Esmeriladora para riel"

-1 llave inglesa para retirar las bridas con dado de ¾ in.

Al termino de esta actividad se hacía una segunda nivelación manual, que es una práctica común por parte de As5 a falta del equipo necesario, es una habilidad valiosa que asegura la continuidad del trabajo y el cumplimiento de los plazos críticos. En el caso de la estación y la inauguración de la estación en tiempo y forma, la cuadrilla de colocación de rieles se encargaba de afinar los detalles de este paso, al contar con la aprobación por parte del cliente, necesitábamos cumplir con las expectativas y los plazos ajustados, para el sábado 7 de septiembre que llegaría el presidente a la estación de CALAKMUL.

Después de esta nivelación, se tiraba una segunda capa de balasto ahora almacenados en 1 vagón de As5 de 12 m de largo x 2.34 de ancho y 2.28 de alto, con 27 metros cuadrados de superficie y 60 metros cúbicos de capacidad.




*Figura 11.4.1 "Descarga de la segunda capa de balasto"*

Se comenzó a tirar balasto el abril 18, en la vía ya liberada, llego a la estación el día 22 de junio, ahí se mantuvo posicionado el vagón hasta el 14 de agosto, día después que se terminó de armar el cambio de vía, y su posterior limpieza, la cama de balasto en estación se inició el 20 de agosto y terminó de tirar el 25 de agosto.



*Figura 11.4.2 "Vía ordinaria liberada para segunda capa de balasto"*

El material se extendió con una excavadora para que estuviera listo el paso para la Multicalzadora, Jackson 6700, la cual se utilizó para alinear y dar la la última nivelación a la vía, llego el día 20 de mayo al terminar turno a Conhuas, Campeche, pero no comenzó su trabajo después de las pruebas de funcionamiento y programación con los datos de topografía el día sábado 25 de mayo y llegando a estación el día miércoles 31 de julio, manteniéndose en espera hasta el día 27 de agosto para terminar su trabajo en ese ppkk el día 4 de septiembre, debido a las 3 vías ordinarias y la coordinación y el paso por cada una.




*Figura 11.4.3 " Llegada de la multicalzadora a la estación"*




*Figura 11.5 Segunda capa de balasto hasta la estación"*

A causa de los tiempos en esa zona de la estación, no se soldo, por lo que se colocaron solo bridas antes de la segunda cama de balasto, los dos días posteriores se realizó limpieza en el lugar, mientras que el día 7 no se laboró.



*Figura 11.6 "Tendido de la segunda capa de balasto en estación"*

**Rol de Auxiliar de Obra**

Funciones y responsabilidades del Auxiliar de Obra

La motivación de liderar un equipo y ser un buen ejemplo es fundamental en cualquier entorno laboral. Al tener personal a cargo, no solo se trata de supervisar tareas, sino también demostrar el uso eficiente de las herramientas y la forma correcta en la ejecución de los procesos. Esto implica una comprensión profunda de cada tarea y la habilidad para guiar y corregir al equipo de manera constructiva. Mantener un alto estándar personal es esencial para inspirar y fomentar un ambiente de trabajo donde la excelencia sea la norma.

El equipo encargado de la colocación de rieles contaba con

- ✓ 1 auxiliar a cargo del frente
- ✓ 1 segurista
- ✓ 1 Cabo de vías.
- ✓ 4 armadores de vías
- ✓ 11 ayudantes generales

El trabajo de auxiliar de obra consistía en

- Supervisión continua del personal para garantizar la eficiencia operativa.
- Asistencia y apoyo a los miembros del equipo en caso de ausencias o necesidades adicionales.
- Registro y control de asistencia del personal para mantener la organización.
- Adaptación y asignación dinámica de tareas debido a la naturaleza variable del proceso de producción en el campo.

Ejemplo: Una vez que terminamos de armar la estructura en la estación, el cliente (SEDENA) iba a colocar tubería por lo que teníamos que desarmar 1 par de rieles, eran 3 vías debido a que ahí más adelante se colocó el aparato de cambio, la que pedían desarmar era la vía principal, por donde transitaba la grúa con hail riel. Retiramos los rieles, a las 5:30 nos pide que retiremos también los durmientes, entonces con barretas y pinzas para durmientes mi equipo se encargó de retirar y tardamos 1 hora más, puesto que era urgente y por ser militares tienen un trato muy estricto. Al día siguiente nos pidieron quitar los otros 2 pares de rieles de las vías faltantes, pero si lo hubieran dicho desde un principio se habría facilitado y al haber retirado los rieles de la vía principal por donde avanzaba la grúa, ya era imposible alcanzarlos con ella, por lo que se tuvo que buscar otras soluciones pues maquinaria no podía entrar por que ya estaban las vías colocadas. Es por estas pequeñas razones que el proceso de producción nunca es lineal en campo.



*Figura 11.7 "Balasto contaminado por maniobra de la empresa contratante"*

- ✓ Asistencia en la Instalación de la colocación de la fijación, colocación de medidas de trabelaje y enseñar a usar las herramientas necesarias en las actividades.
- ✓ Gestión de inventario de herramientas al inicio y al final de cada turno.
- ✓ Limpieza de las herramientas y equipos utilizados en la obra, así como la limpieza del área de trabajo.
- ✓ Requisición de herramientas o equipo necesario, incluyendo equipo de protección personal (EPP) para empleados y maquinaria.
- ✓ Toma de decisiones autónomas en situaciones donde la comunicación con el superintendente no es posible, puesto que al ser una localidad muy pequeña si no había luz tampoco había señal por días, esto impedía la comunicación
- ✓ Mediar y Facilitación de la comunicación entre la empresa cliente y la empresa contratante, puesto que se pasó mucho tiempo en la estación y los comandantes, así como el coronel buscaban al equipo más cercano para dudas y aclaraciones.

- ✓ Asistencia al personal en el sitio de trabajo.
- ✓ Implementación de medidas de seguridad en el sitio, incluyendo charlas matutinas y supervisión del uso de EPP completo.
- ✓ Coordinación de recursos esenciales como agua y alimentos.
- ✓ Elaboración de reportes diarios sobre el progreso del trabajo en el tramo.

**Seguridad:** El cabo de la cuadrilla de Colocación de rieles llevaba 16 años trabajando en el campo de las vías férreas por lo que les daba una pequeña inducción de precaución que tenían que tomar para evitar accidentes con los rieles puesto que accidentes con el trabajo en rieles pueden ser graves y variar desde fracturas hasta la pérdida de extremidades. Es crucial seguir protocolos estrictos para prevenir tales incidentes, también se explicaba al personal el protocolo a seguir para realizar los izajes. La proactividad en el lugar de trabajo es generalmente una cualidad positiva, pero debe ir acompañada de una formación adecuada y conciencia de seguridad, especialmente en entornos de alto riesgo.

Por ejemplo: Se produjo un accidente en otra cuadrilla debido a que el operario encargado del izaje carecía de conocimiento y no estaba consciente de los objetos en su entorno. Durante un movimiento brusco, la persona cayó y un durmiente lo golpeó en la pierna, fracturándole la espinilla. Además, sufrió un esguince de tobillo al tropezar con el durmiente consiguiente a ese que se encontraba detrás de él.

Por esta razón, se manejaban las inducciones y pequeñas capacitaciones en nuestro equipo de trabajo, también procuraba rolar a nuestro personal para que todos obtuvieran esos conocimientos.



*Figura 11.8 Capacitación para uso de ti tirafondera"*




*Figura 12 "Platicas de seguridad"*

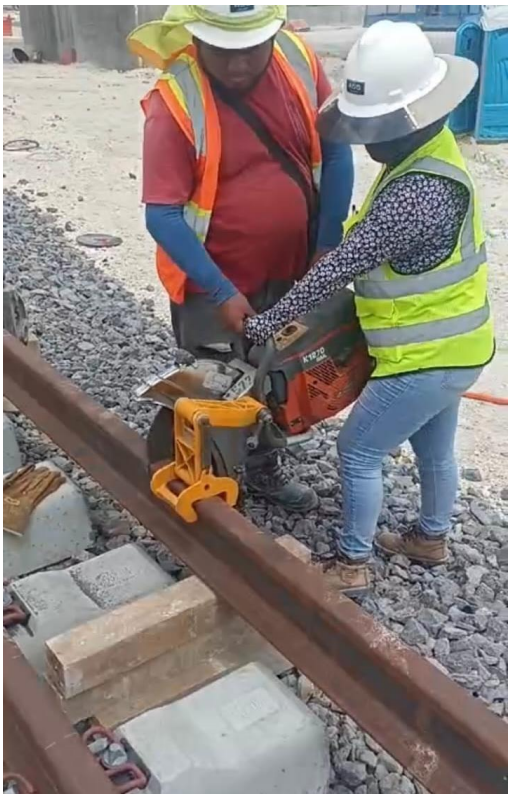


*Figura 12.1 "Capacitación para uso de la cortadora"*




*Figura 12.2 "Capacitación para maniobras en izajes"*

Estas capacitaciones se empezaron a implementar a partir de abril, pues fue cuando se comenzó a rolar al personal de As5, y después de haber pasado por todas las actividades a realizar, en este mes, comenzaron a llegaba nuevo personal al equipo, proveniente de otras cuadrillas a falta de trabajo en sus áreas y era notable la falta de noción del trabajo a realizar.

**Armado de un Aparato de Cambio de Vía**

Como vimos en el marco teórico, este permite el desdoblamiento de una vía, en el caso del kilómetro 155+300, la implementación de tres vías en la estación permite una distribución eficiente del tráfico: una vía central dedicada al transporte de materiales y dos vías adicionales que facilitan el tránsito de trenes en diferentes direcciones como Chetumal y Escarcega. La interconexión de estas vías se unía en una sola, por lo que se armaron 4 aparatos de vía, el derecho y el izquierdo.

La estación de Calakmul ha experimentado una notable expansión con la instalación de 185.48 metros de aparato de cambio de vía y 584.40 metros de vía ordinaria, sumando un total de 769.88 metros de vía armada. El equipo utilizado para esta ampliación proviene de China, y El manual de instalación fue elaborado por CHINA RAILWAY BAOJI BRIDGE GROUP CO., LTD, adquirido por la empresa cliente. Este sistema es conocido como "escape" o "diagonal", con clasificación geométrica, que consiste en un conjunto de dos desvíos que facilitan la transición de una vía a otra. El riel instalado es del tipo 115RE, con un ancho estándar de trocha en 1435 milimetros, diseñado para vías colineales y adecuado para balasto. Es apto tanto para el tránsito de pasajeros

como de mercancías, soportando una carga máxima de 32.5 toneladas. Además, la velocidad permitida en este desvío alcanza los 160 km/h.

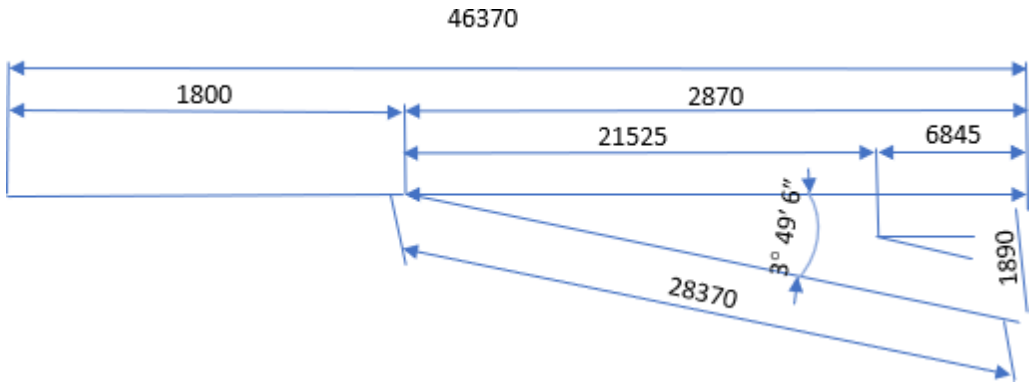



*Figura 12.3 "Diagrama esquemático del cambio de vía"*

Dada la ecuación del marco teórico y que no se cuenta co el número de sapo del corazón, pero si los grados de la tangente del ángulo $3° 49′ 6″$, despejando para obtener el dato:

$$n = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{Tan3°49′\,6"}{2}}$$

$$n = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{0.066741322}{2}} = \frac{2}{0.1334826944}$$

$n = 14.98$. Por lo que tendríamos un sapo de tipo 15.

El grado del ries es de 370HB, acero de carbono, las aguas del interruptor es de tipo semidiagonal y el riel del talón tiene como grado R350HT. El no. De plano presentado por la compañía es TMPE-1-VA-VÍA-PLA-CDV15 y el número de plano para las agujas es CZ1681.

| Número de aguja | Plano |
|---|---|
| Longitud total de cambios de vía | 4637 |
| Longitud de la parte delantera del cambio de vía | 18000 |
| Longitud de la parte trasera del cambio de vía | 28370 |
| Angulo de cruzamiento | 3°49'6" |
| Radio de curva guía | 525 m |

| | |
|---|---|
| Velocidad de paso recto | 160 km/h (tren de pasajeros) 100 km/h (tren de carga) |
| Velocidad de paso a desviada | 65 km/h |

Tabla 15 "Parámetros clave generales del desvió"

| | | |
|---|---|---|
| Distancia entre la punta de la aguja y la sección delantera de la contraaguja | Vía recta: 3546 | Vía desviada: 3542 |
| Trocha de punta de la aguja | 1438.6 | |
| Distancia de soporte del extremo del desvío | Vía recta: 274,8 | Vía curva: 275,5 |
| Longitud de la aguja | 13950 | |
| Longitud de contraaguja | 17492 | |

Tabla 16 "Dimensiones geométricas y parámetros clave en milímetros"

| | |
|---|---|
| Longitud total del cruzamiento | 10546 |
| Longitud de la punta del cruzamiento | 3705 |
| Longitud del talón del cruzamiento | 6841 |
| Dimensión de la apertura del extremo de la punta | 246.8 |
| Dimensión de la apertura del extremo del talón | 455.8 |
| Dimensión de la garganta | 70 |
| Anchura de ranura de pestaña de sección plana y recta. | 50/70/93 |
| Ancho de la ranura de pestaña de rueda del contracarril | 39/70/93 |
| Longitud del contracarril | 8500 |

Tabla 17 "Dimensiones geométricas y parámetros de los cruzamientos y contracarriles en milímetros"

Incluía 5 cajas con toda la fijación y tornillería, las piezas que conforman el aparato y un plano, recordemos que la clasificación de la fijación es en función de su anclaje al durmiente y la forma de sujetar el carril, como está sujeta la placa de asiento al durmiente y otra independiente el carril a la placa de asiento es de fijación "Indirecta" en ajugas, corazón, rieles intermedios y en la parte de los contrarieles como sujeta la placa de asiento al durmiente y otra la placa de asiento al durmiente y al carril, se considera clasificación mixta.



*Figura 12.4 "Cajas de fijaciones en tramo"*

Las aguas del riel cuentan con 2 puntos de tracción y su distancia es de 160 mm y 80 mm respectivamente, ambas con un radio de 525717.5 mm

### 4. Trabelaje y alineación

Las piezas fueron colocadas a los extremos de la vía, al llegar esta actividad los durmientes colocados eran especiales de concreto y numerados, de concreto y del doble de largo y también cuadrados con peso de 400 kg, alineamos los durmientes lo mejor posible y fuimos colocando las piezas desde los cambios de aguja, carriles centrales y contra rieles y el cruzamiento al final pues como era el corazón del aparato era el más difícil de colorar, las colocamos con la grúa del hail riel, el plano especificaba desde que los durmientes del 1 al 123 y la posición de cada pieza y los durmientes en los que se extendió.

Las medidas de cada desvió eran de 46.37 metros, se armaron 4 desvíos, 2 derechos y 2 izquierdos, de estos la falta de topografía, no ayudaba a saber si iban bien colocados, era como armar un rompecabezas, así entonces nuevamente, como ya se tenía bien practicado se alineo visualmente hasta que tuviera un poco de forma donde irían ensambladas cada pieza.

Los durmientes del aparato fueron colocados por Sedena, sin ningún tipo de punto topográfico, la única guía fue el número de cada durmiente,

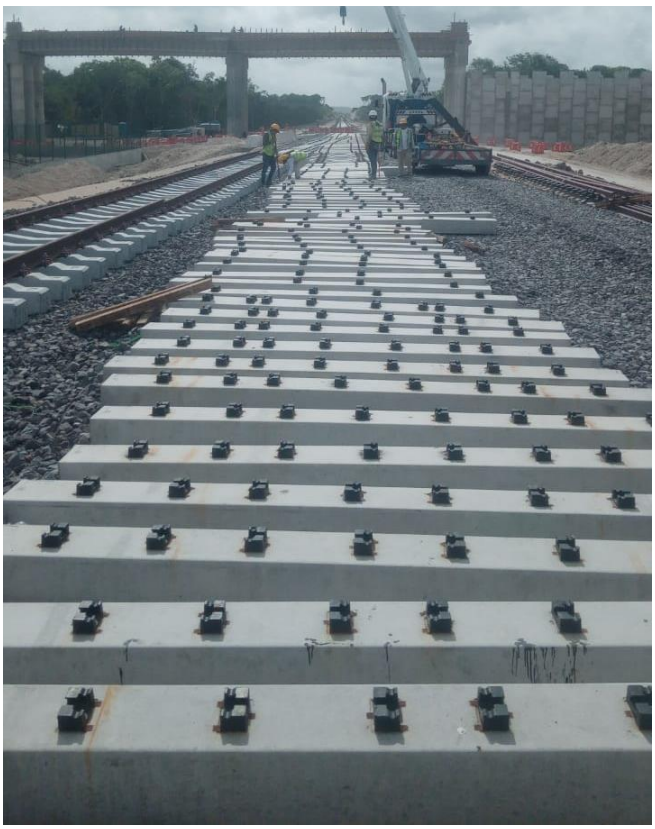


*Figura 12.4.1 "Inicio de alineación visual"*




*Figura 12.5 "Durmientes de aparatos y vía ordinaria antes en proceso de alineación"*



*Figura 12.6 Durmientes del desvió ya alineado visualmente, sin punto topográfico"*

La distancia entre ejes era diferente:

- Del 1 al durmiente 37 se manejaba 50 cm de distancia.
- Del 37 al 69 52 cm.
- El 70 de 512 cm.
- Y del 71 al 123 de 50 cm.

Los números de durmientes están en el lado de la línea recta de los cambiadores, colocar los durmientes de acuerdo con los números de durmientes, y ajustar la distancia entre ellos fue un proceso sumamente difícil ya que debido al peso de los durmientes y la falta de personal, así como de herramienta, se retrasó la actividad, se necesitaban 6 personas por durmiente para poder darles la distancia necesaria, al terminar el primer desvió, batallamos con la alineación sin tener una guía, pero en estos casos el hilo guía se utiliza de un solo lado, de la cara donde el aparato lleva la dirección, si es el cambio derecho, el extremo derecho es el que se alinea, puesto que del otro lado las traviesas quedan en forma de abanico.

Proceso de ensamblaje
Primero se revisó el plano, después de linear y trabelear los durmientes, colocamos placas de goma de 10 mm, estas tenían diferentes tamaños, las del 1 al 70 eran en forma de abanico, las del 71 al 103 eran en perpendicular a la bisectriz del ángulo de inserción, las almohadillas del 104 al 115 y del 116 al 127 eran perpendicular a la vía de transición inversa. para amoldarse bien a los componentes del desvió, la identificación de producto de cada pieza debía colocarse en dirección si es de la izquierda o la derecha.



*Figura 12.7 "Almohadillas colocadas en aparato"*



*Figura 12.8 "Iniciando colocación de placas de asiento"*



*Figura 12.9 "Neoprenos colocados"*



*Figura 13 "Placas de asiento de diferentes dimensiones"*

Al terminar situaron las placa de sujeción, las que se dividían en 5 tipos A, B, C, D E, según su flexión y abertura a izquierda o derecha, nuevamente el número de serie era el indicador del número de durmiente en que iría colocado, al manejar diferentes piezas, las placas de asiento manejan diferentes medidas, La secuencia de instalación de los componentes del cambiador es: el riel afilado y el conjunto del riel básico, seguido del cruzamiento de acero de alto manganeso y, por último, el riel de curva guía. Los rieles están adheridos con placas de identificación para facilitar la diferenciación y la colocación. Conectar el riel con la placa de asiento de hierro

con la barra de resorte SKL12, y conectar la placa de asiento de hierro con el durmiente con los sujetadores de la barra de resorte de tipo II.

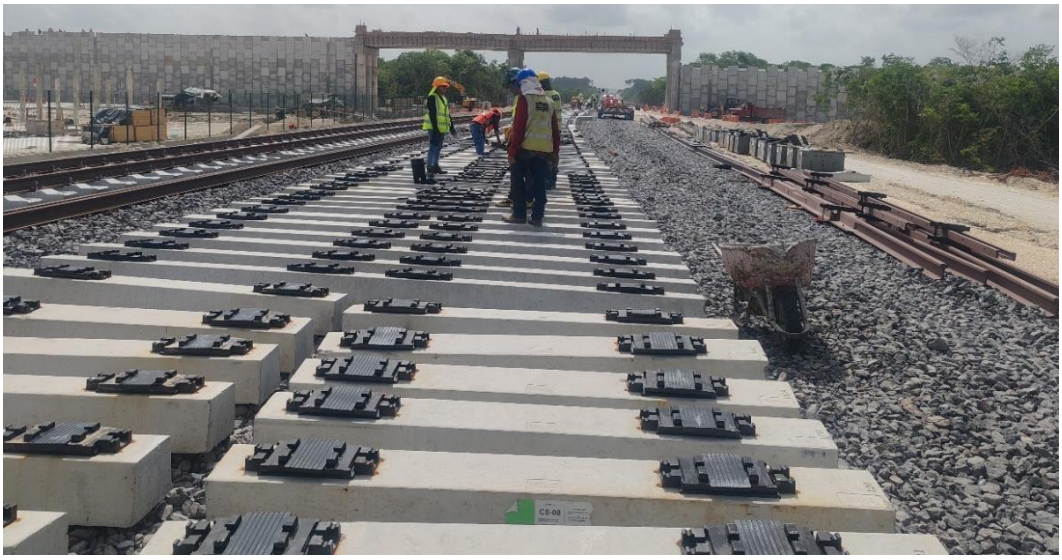


*Figura 13.1 "Placas de asiento sobre neoprenos"*



*Figura 13.1.1 Termino de actividad con placas de asiento"*

Encima de las placas de asiento, se instalaban almohadillas adicionales de menor tamaño. Posteriormente, se iniciaba el ensamblaje de las piezas, una tarea que resultó ser la más prolongada, llevándonos varias semanas. Durante el izaje, las piezas no se asentaban correctamente debido a problemas de alineación; incluso una desviación de hasta 2 mm en un durmiente podía impedir su correcta colocación.

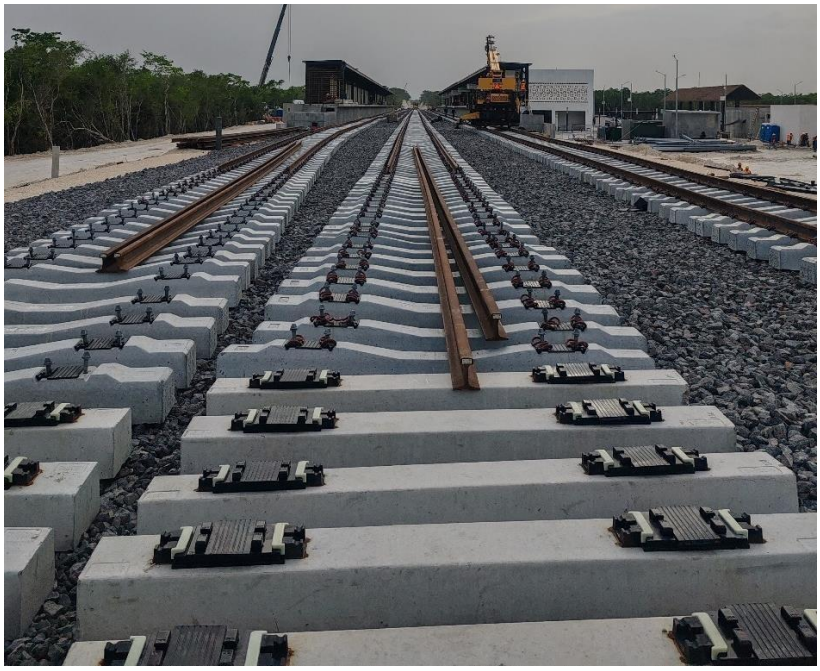


*Figura 13.2 "Almohadillas colocadas sobre placa de asiento en aparato"*

Por ello, era necesario ajustar los durmientes, requiriendo la colaboración de al menos cuatro personas debido a su considerable peso.

Estos podían atascarse, moverse en el balasto, entre otros inconvenientes. Una vez colocados, se procedía a trabarlos nuevamente para asegurar que el espacio determinado por el plano se mantuviera, dado que no todos los durmientes mantenían la misma distancia.

Procedimos a ajustar las medidas conforme al plano, aunque las piezas aún no embonaban del todo, como el corazón y los contrarieles. Se destaparon las cajas de metal y se revisaron las piezas, las cuales venían en costales con referencias de número de serie o nombre según el plano. Se armaron los juegos y se colocaron las fijaciones normales que sostenían las partes del aparato al riel.



*Figura 13.3 "Fijación colocada en su lugar antes de la colocación de las partes del aparato de cambio"*

Una vez completada esta parte, continuamos asentando el contrariel y el corazón. Durante todo este proceso, se recogía la fijación y se realizaba orden y limpieza del lugar, aun que esta se realizaba todos los días, la empresa contratante tenía ambos turnos y su personal aprovechaba para descansar en las vías lo que generaba encontrar el área de trabajo de la estación muy sucio. Se estuvo detenidos una semana debido a la falta de operadores de hiab, de titan y de la grúa con hail. Nos faltaba colocar 100 metros de vía normal en unión al aparato de cambio, que SEDENA nos solicitaba con urgencia que quedara lista. También pedían que se movieran las cajas de fijación para continuar con la actividad de colocar pasto y plantas.



*Figura 13.4 "Limpieza de área"*



*Figura 13.5 "Colocación de via ordinaria faltante"*



*Figura 13.6 "Colocación del corazón en aparato derecho"*

Mientras tanto, seguimos colocando la fijación y tornillería especial que requerían el corazón, los contrarieles y los durmientes especiales. Fuimos vaciando las cajas, y las almohadillas sobrantes se trasladaron al almacén para despejar la estación.




*Figura 13.7 "Movimiento de fijación para actividad de la empresa contratante"*




*Figura 13.8 "Contenido de las cajas del aparato"*




*Figura 13.9 "Contenido de las cajas del aparato"*



*Figura 13.9.1 "No había piezas de fijación de repuesto"*



*Figura 13.9.2 "Armando juegos de la fijación"*

Un mes después de nuestra llegada a la estación, llegó un topógrafo con el equipo correspondiente, así como un operador para la grúa de hail riel. El topógrafo recopiló los datos necesarios y marcó las ubicaciones precisas por donde debía pasar la vía, alineándola con el aparato y su centro. Fue en este momento cuando nos percatamos de

que estábamos desfasados 40 cm del centro del aparato y 60 cm en la alineación de los durmientes de las vías donde aún faltaba colocar los rieles.

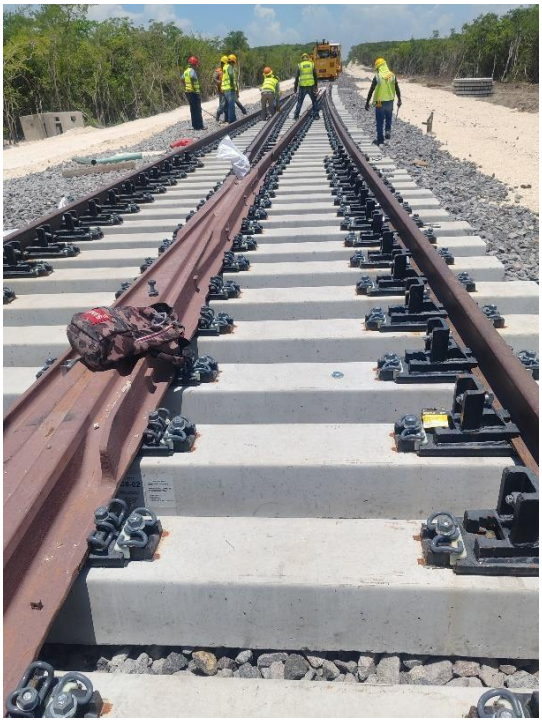


*Figura 13.9.3 "Ensamblaje del aparato de cambio de vía"*



*Figura 13.9.4 "Colocación de las placas de asiento y fijación de los contrarieles"*

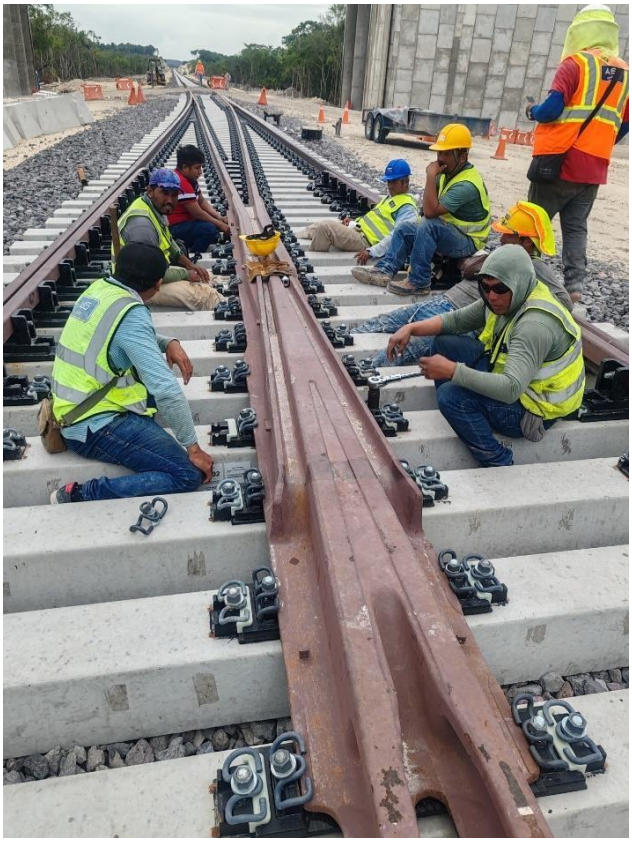


*Figura 13.9.5 "Apriete de tornillería en la zona del corazón"*



*Figura 14 "Apriete de tornillería en la zona de los rieles intermedios"*



*Figura 14.1" Fijación indirecta del talón del aparato y rieles intermedios"*



*Figura 14.2 "Fijación Contraríeles"*

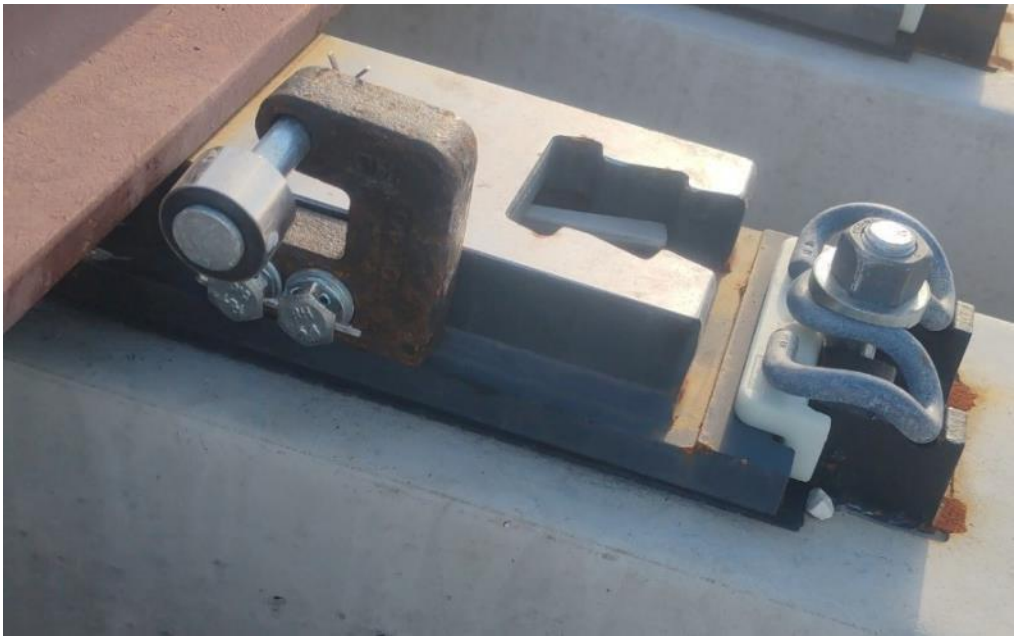


*Figura 14.3 "Fijación Agujas"*



Figura 14.4 "Fijación ya incluida en la parte de las agujas"




*Figura 14.5 "Fijación complementaria corrediza para las agujas"*



*Figura 14.6 "Fijación complementaria central del corazón"*

Una vez obtenidas las medidas, se procedió a colocar los rieles faltantes de las tres vías. Bajo el estrés considerable y la presión ejercida por la SEDENA y el superintendente de obra, se discutió con el cabo y determinamos que desmontar todo lo ya instalado en la estación sería demasiado tardado. Por lo tanto, se procedió a apretar la

tornillería, como si se fuera a habilitar el servicio de la vía, y utilizando una excavadora, se arrastró a la posición deseada



*Figura 14.6.1 "Mostrando como se coloca la fijación"*



*Figura 14.7 "Colocando complementos de las fijaciones"*

La aguja se utiliza riel 54E1A1, el grado del riel de acero es de R350HT. El extremo de talón de la aguja se forja en una sección del riel de acero de 115RE y se conecta con el riel guía. La punta de la aguja es de tipo de punta oculta, y el extremo del talón se adopta una estructura flexible de una sola extremidad que se puede doblar. Para que el riel 54E1A1 se ajuste a la figura del riel 115RE, se corrige el perfil del riel pico, y se realiza el proceso de fresado del riel pico con una caída de 1mm.

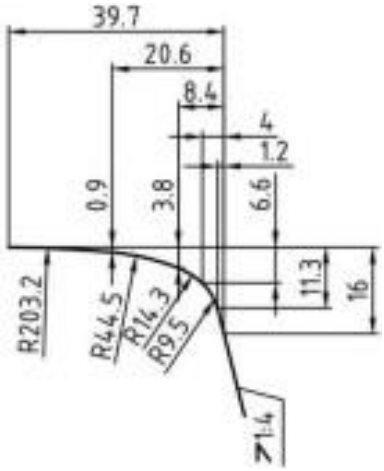



*Figura 14.7.1 "Perfil de mecanizado de la cabeza de la aguja"*

El mecanismo de transmisión de fuerza del talón del desvío se adopta el limitador, en el cual el limitador A se instala en la aguja y el limitador B se instala en la contraaguja

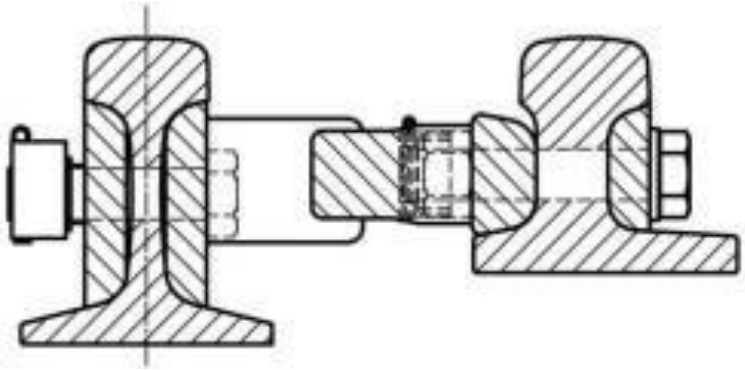


*Figura 14.7.2" Diagrama esquemático del limitador del talón del desvió"*

En el punto de tracción, la placa de plataforma de lecho deslizante se conecta con el durmiente mediante pernos del durmiente tipo II + el manguito excéntrico compuesto, se instala el manguito excéntrico compuesto 11-13 bajo el estado inicial. Para evitar la interferencia con el equipo de conversión de servicios eléctricos, se hace biselados de C14 en ambos lados de la placa de plataforma de lecho deslizante, y se aplica el clip elástico SSB2 para sujetar en la contraaguja.

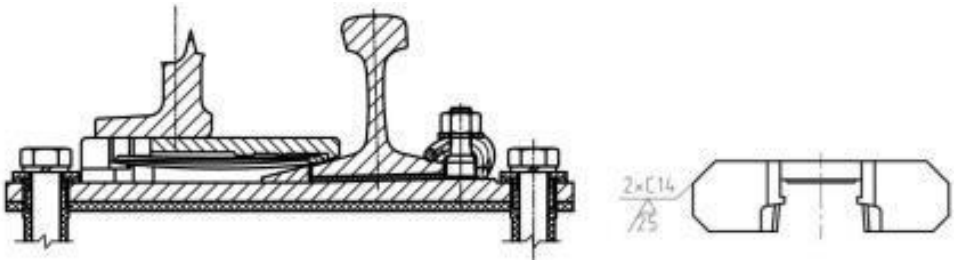


*Figura 14.7.3 "Punto se tracción del desvió"*

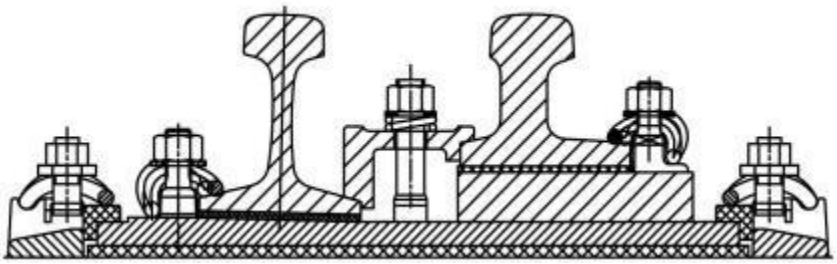


*Figura 14.7.4 "Estructura de sujeción de distancia de soporte de forma diferencial del extremo fio del desvió"*

Se establece la placa de plataforma de lecho deslizante de rodillo y el dispositivo de limitación de anti-salto en el intervalo de la parte del desvío

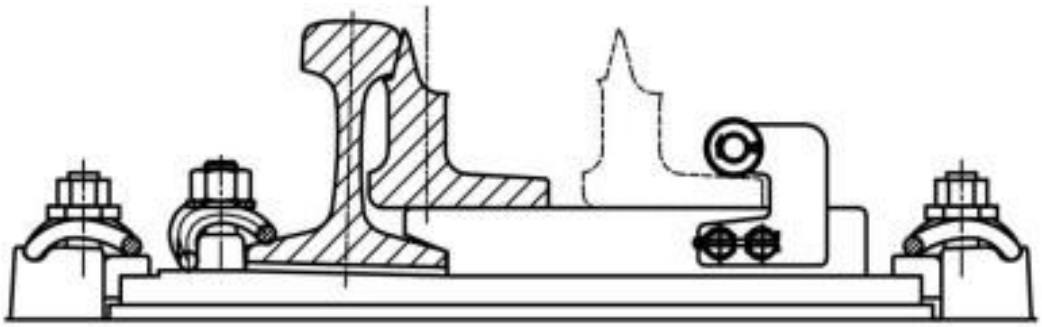


Figura 14.7.5" Esquema del dispositivo de eliminación anti-salto"

El riel de acero se sujeta con sujetadores elásticos separados SKL 12 para realizar la sujeción, y no se establece bloque de trocha en los dos lados de la miembro del riel. Normalmente no se permite la instalación de la placa de ajuste de trocha, sólo se puede usar cuando se necesita el ajuste del estado geométrico del cambio de vía. (Entre ellos, en el diseño del cambio de vía No.20 no se establece la placa de ajuste de trocha)

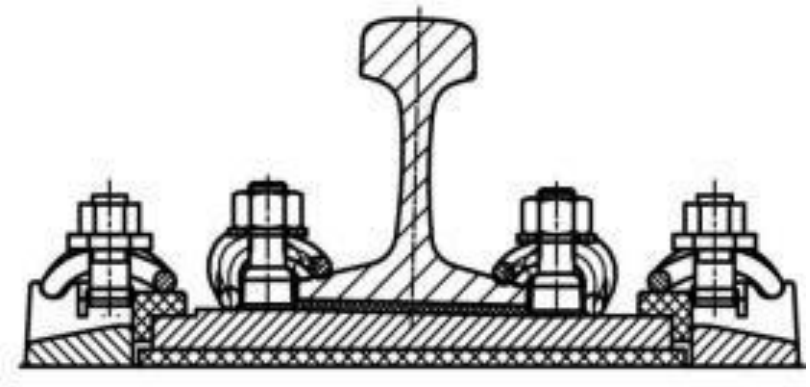


*Figura 14.7.6 "Sistema de sujeción"*

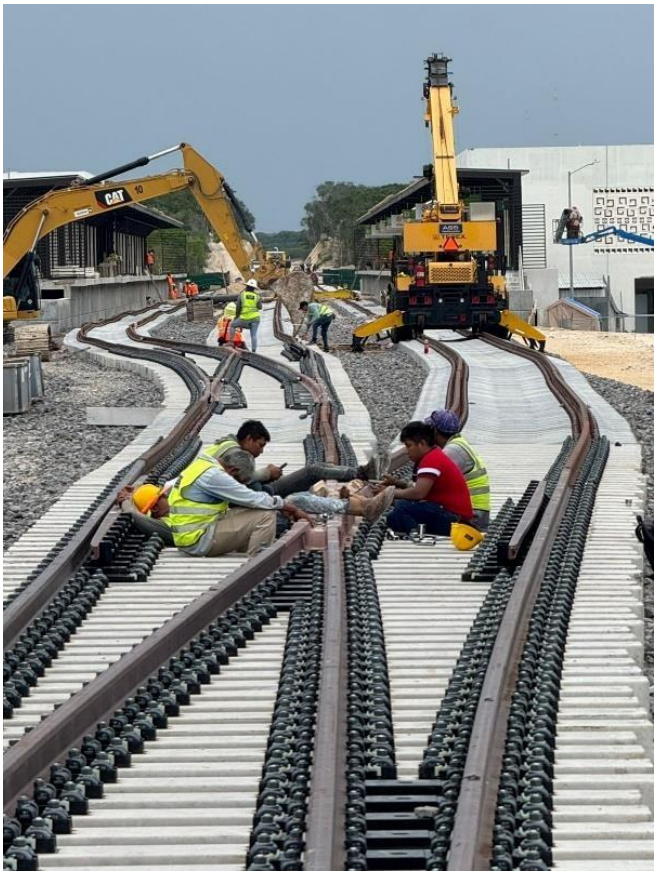



*Figura 14.8 Comenzando alineamiento hacia puntos topográficos"*

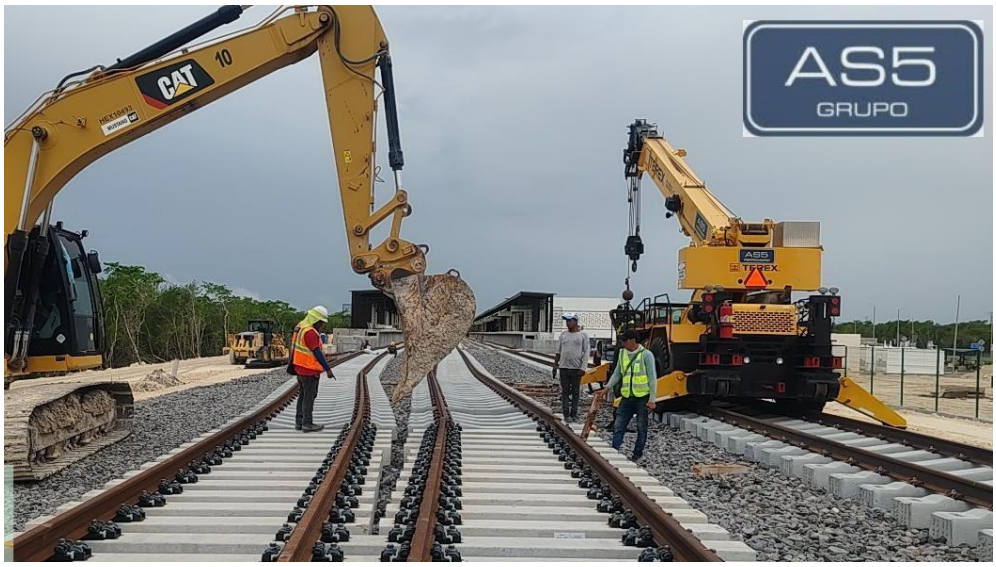



*Figura 14.9 Alineando talones de aparato"*



*Figura 15 "Alineando Corazón"*




*Figura 15.1 "Alineando Aparato derecho"*

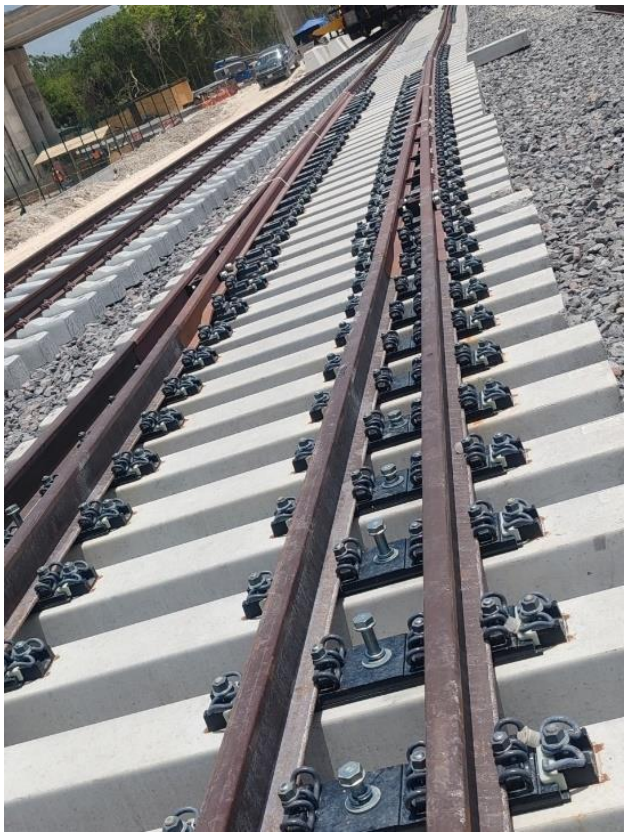


*Figura 15.2 Aparato izquierdo en guía de topografía"*

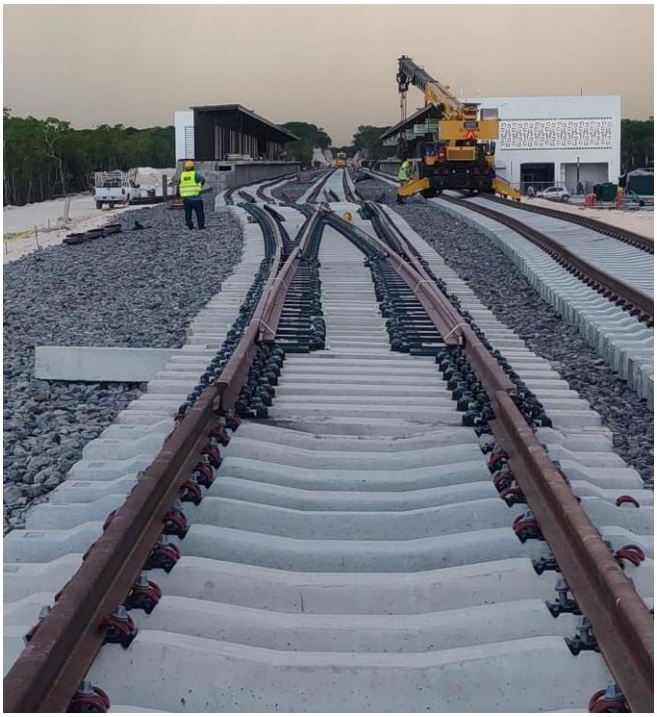


*Figura 15.3 "Aparato de cambio terminado y alineado a las marcas topográficas"*

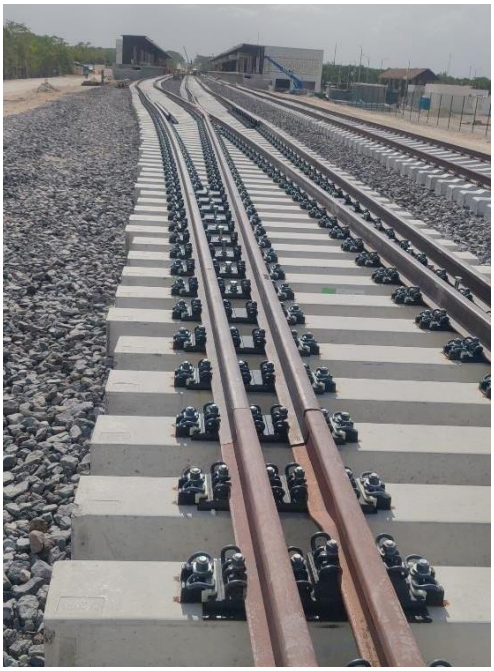


*Figura 15.4 Aparato de cambio terminado y alineado junto con vías ordinarias"*

Finalizamos este proceso el 22 de agosto. El topógrafo observó que la vía en la zona de las agujas estaba más alta que la cama de balasto, por lo que procedimos a un desguarnecido manual utilizando picos, ya que en esa sección la vía contaba con camino de servicio y estaba compactada. Esto permitió alinear al aparato con la vía ordinaria.

. Para la unión del aparato derecho con las tres vías ordinarias que salían de la estación, necesitábamos medidas de entre 8.00 m y 8.20 m. Estas se obtuvieron de un solo riel, dejando un cupón de 8.2 m para la vía central, con medidas de 5.11 m a 10.3 m. Se cortaron 8 metros de un carril para que restaran 13.11 m, respetando así la norma mínima de 8 m. Para el riel de 10.30 m, se cortó un riel normal, sobrando 14.1 m. Para los tramos de 15.5 m y 12.8 m, se cortó el primer riel, sobrando así 8.9 m de un riel y 11.6 m del otro.

En el otro extremo del aparato, faltaban 3.21 metros por donde pasaba el camino de servicio y 4.8 metros del otro carril, por lo que el carril se cortó más adelante a 8 metros, obteniendo las distancias faltantes de 12.8 m y 11.21 m. Las medidas de los cupones cortados se utilizaron para capacitar al personal en el uso de una cortadora de riel.




*Figura 15.5 "Maniobra para colocación de cupones"*



*Figura 15.6 "Camino de servicio y muestra del desnivel"*



*Figura 15.7 "Desguarnecido manual para nivelación"*



*Figura 15.8 "Vía nivelada"*



*Figura 15.9 "Colocación de los cupones restantes"*



*Figura 15.9.1 "Colocación segunda capa de balasto"*

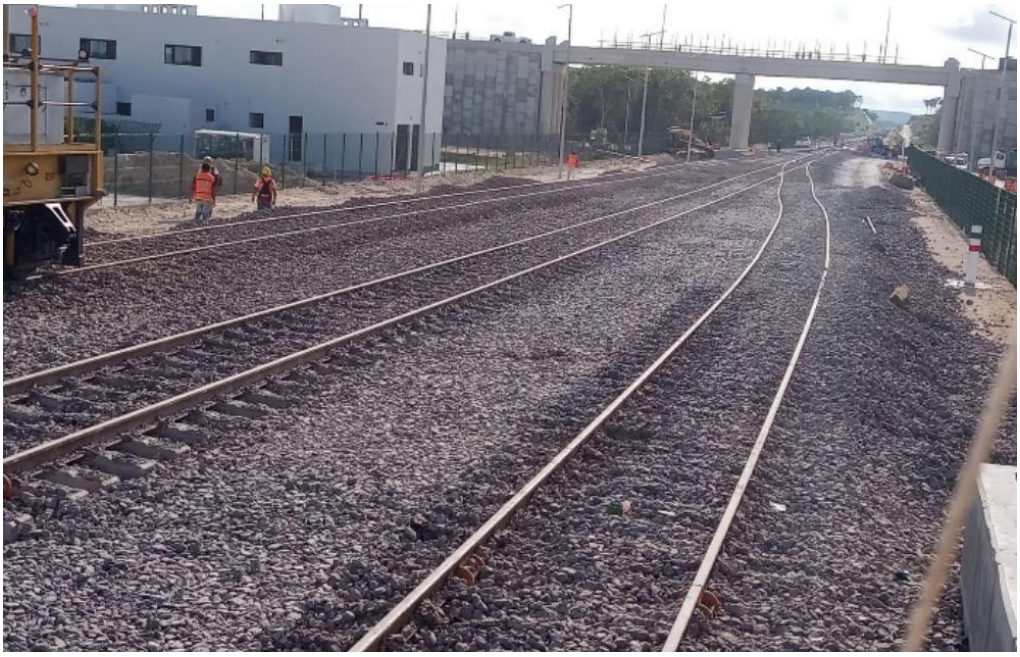


*Figura 16 "Esparcido de balasto con Excavadora"*



*Figura 16.1" Paso de bateadora por vías"*

.1

*Figura 16.2 "Nivelando vías ordinarias"*



*Figura 16.3 "Aparatos de cambio terminados"*

Terminando así la unión para la puesta en servicio para paso del tren el 6 de septiembre para la primera prueba.

La limpieza que se realizó en tramo fue del pk donde inicia el frente dirección Chetumal, hasta la estación Calakmul, ya que es la vía que se puso en servicio.

Las pruebas del paso del tren quedan fuera del alcance tanto de este documento y de la empresa As5, así como el motor que mueve las aguas para el cambio.

Con ello, podemos afirmar que se ha cumplido el objetivo general del proyecto: analizar y comprender los procesos de la superestructura ferroviaria, asegurando el éxito en el armado de la vía. Asimismo, se ha alcanzado el objetivo específico número 2, que consiste en describir detalladamente el proceso de ensamblaje de vías, abarcando cada etapa y los recursos necesarios involucrados. Además, se adquirió la capacidad de resolver problemas de forma inmediata, una habilidad fundamental que no se hubiera desarrollado sin el aprendizaje profundo de estos dos aspectos cruciales.

Después de la puesta en marcha del tramo de Xpujil a la estación de Calakmul, se vaciaron los cajones para desmontar las bridas, soldar el aparato de cambio y se continuó generando la segunda capa de balasto hasta el termino de tramo en Escárcega, posteriormente de septiembre a noviembre el equipo de colocación de rieles se dedicará a cubrir el mantenimiento de la vía.

Pues por el paso del vehículo se genera danza de durmientes, lo que es que el durmiente quede literalmente suspendido por encima de la capa de balasto, al pasar el tren golpea con fuerza la capa de balasto lo que ocasiona el deterioro más rápido de la granulometría del balasto y por ende generación de granos finos lo que contamina el mismo aunado a impedir que este realice su función de elemento amortiguador.

El mantenimiento también cubre las ondas de levante, pues después de que se da la puesta en marcha, el carril se levanta ligeramente, entonces ese punto de levante forzar al carril a volver a su posición original de manera brusca, generando incomodidad en los pasajeros.

Por último, se cubre el vuelo de balasto, que se refiere a partículas que se levantan y salen disparadas debido al impacto del tren circulando a alta velocidad, cargada de energía cinética, rebotando en el lecho de la vía y levantado a su vez mas piedras por el efecto de impacto, que a su vez pueden rebotar contra el tren y creas nubes de balasto.

Esto es apreciable en los bajos del tren, llegando a perforar el contenedor de líquido hidráulico, romper cables u otros elementos. En el carro los daños se pueden dar por el golpeteo directo sobre la cabeza del carril o el aplastamiento del balasto.

**Condiciones y Desafíos del Proyecto**

**Horarios de la Empresa**

- **Jornadas Laborales:** La jornada laboral se establecía desde las 6 am hasta las 6 pm. No obstante, en ocasiones se trabajaban horas extras hasta completar la actividad, extendiéndose hasta las 10 u 11 pm.

Cabe mencionar que hubo hasta semanas completas donde no se laboraba aun que nos presentábamos en tramo, debido a la falta de liberación de terraplén por parte de SEDENA

- **Descansos:** Se asignaron descansos de 10 minutos cada 2 horas para hidratarse debido a la intensa exposición al sol, y una hora para comer, que a veces se extendía a hora y media según la carga de trabajo y las condiciones climáticas. Sin embargo, hubo ocasiones en las que estos descansos no se tomaban, influenciados por la presencia de militares que argumentaban que, si ellos no necesitaban descansar, el equipo de As5 tampoco debía hacerlo.

El transporte del personal se realizaba con un solo autobús. En ocasiones, cuando la salida se retrasaba y el chofer era enviado a realizar otras actividades, la falta de organización y coordinación de tiempos resultaba en que el autobús pasara a recoger al personal de campo hasta las 10 pm, lo que ocasionaba que llegáramos al campamento alrededor de la medianoche. Dado que el pueblo carecía de suministros y más aún en los horarios que manejábamos, los sábados después del trabajo o los domingos, si no se hacía muy tarde, viajábamos a Escárcega. El autobús permanecía tres horas en el lugar antes de regresar.

**Dificultades Vividas**

- **Condiciones Climáticas:** Las condiciones climáticas adversas, como lluvias intensas y altas temperaturas, dificultaron significativamente el progreso del trabajo. Las lluvias torrenciales y la abundante cantidad de tormentas eléctricas, junto con el paso de huracanes, aunque no afectaran directamente, impedían la entrada y salida tanto del tramo en el que se laboraba como del campamento. Esto se debía a que, como se mencionó anteriormente, el acceso era únicamente por vehículo, y en condiciones de lluvia, estos se atascaban con frecuencia, dificultando aún más las operaciones.
- **Alojamiento y Alimentación:** La calidad del alojamiento dejaba mucho que desear. En Conhuas, era imposible salir sin transporte, y en muchas ocasiones no disponíamos de él, lo que dificultaba obtener alimentos. Las lluvias transformaban el terreno en un lodazal, y el trayecto de los baños a los dormitorios provocaba que nos ensuciáramos nuevamente.

En un momento dado, se retiró el contenedor de los baños. Como medida temporal, el jefe de seguridad e higiene improvisó un área de baño colocando balasto en un área de 1 $m^2$, con cuatro polines en las esquinas y dos lonas cubriendo tres caras del cuadrado. Esta improvisada instalación tenía problemas de privacidad debido a la transparencia de las lonas con la luz y la apertura hacia la calle, por lo que debíamos bañarnos de noche. Esto provocaba largas filas de gente esperando su turno.

Además, ya no se colocaron sanitarios, lo que nos obligaba a ir a la selva, corriendo el riesgo de ser mordidos por animales venenosos o enfrentar encuentros con animales peligrosos.

El agua se almacenaba en una alberca que, con el tiempo, adquirió una coloración verdosa, ocasionando ronchas en la piel al usarla para bañarnos.



*Figura 16.4 "Bañador para el personal de As5"*



*Figura 16.5 "Agua que se utilizaba para el aseo del personal"*

Cuando el campamento se trasladó a Xpujil, las condiciones no mejoraron significativamente. Vivíamos en chozas de madera, con animales de granja ubicados justo detrás, lo que ocasionaba un mal olor constante. La disponibilidad de agua para bañarse era irregular, y solo contábamos con un baño para mujeres y otro para hombres, lo que generaba largas filas de espera para poder asearse. El transporte hacia el lugar de trabajo salía puntualmente a las 5 am, pero el regreso carecía de un horario fijo, añadiendo más incertidumbre a nuestras jornadas.



Figura 16.6 "Baño y ducha nuevo campamento"

La Figura 16.4 podría mostrar una imagen de un baño y ducha para 20 mujeres, destacando la falta de privacida d debido a una puerta que no cerraba adecuadamente. Esto subraya las condiciones incómodas y poco seguras a las que estaban expuestas.

Además de los animales en el nuevo campamento, las condiciones de las chozas eran precarias. Las paredes de madera y el techo presentaban huecos que permitían la entrada de serpientes y otros animales pequeños, incrementando así los riesgos para el personal, incluso crecían plantas por entre afuera y las paredes



*Figura 16.7 "Chosa-campamento"*

La comida proporcionada por SEDENA era deficiente, lo que afectaba el bienestar y rendimiento de los trabajadores. En dos ocasiones, se encontraron gusanos en la comida, lo que llevó a que el personal dejara de comer. Además, como la salida era tardía, no encontraban cena disponible

**Dificultades de Organización**

- **Gestión de Recursos:** La gestión y distribución de recursos presentaron problemas significativos, lo que resultó en una escasez de materiales en momentos críticos. Esta situación provocó paros en la obra debido a la falta de herramientas, maquinaria y equipo de protección personal. La falta de coordinación también afectó la entrega oportuna de suministros esenciales, exacerbando las demoras en el proyecto.

Los trabajadores a menudo se encontraron sin el equipo necesario para realizar sus tareas de manera segura y eficiente, lo que no solo ralentizó el progreso del trabajo, sino que también aumentó los riesgos de accidentes laborales. Esta deficiencia en la gestión de recursos subraya la importancia de una planificación meticulosa y una distribución eficaz para evitar interrupciones y asegurar el éxito del proyecto.

2. **Retraso en la Llegada del Equipo**

    - **Equipos Necesarios:** El equipo necesario para el ensamblaje de las vías, como grúas y soldadoras, llegó varios meses después de la fecha de inicio del proyecto. Este retraso en la llegada del equipo esencial causó demoras significativas, lo que aumentó los costos operativos debido a la compra adicional de herramientas, más bridas y el pago de turnos dobles para el personal. Estas circunstancias también provocaron que algunos trabajadores renunciaran debido a la excesiva carga de trabajo.

**Programa de Capacitación:**
No se organizó un cronograma detallado para el personal; en cambio, se realizó un análisis de necesidades. La mayoría de los trabajadores eran locales y no habían trabajado en obras de esta magnitud, ni habían utilizado ciertas herramientas o realizado determinadas actividades. Por esta razón, se les explicaba antes de iniciar una actividad el propósito de las tareas a realizar. Se llevaban a cabo pláticas de precaución sobre izajes, además de enseñar a usar las herramientas adecuadas y las señales universales para comunicarse con el operador.

La mayor parte de la capacitación se enfocó en módulos prácticos, lo que permitió un aprendizaje más rápido, mejorando así la eficiencia y la calidad del ensamblaje ferroviario. Esta metodología práctica facilitó que los trabajadores se adaptaran rápidamente y aumentaran su rendimiento, asegurando una ejecución más efectiva del proyecto.

Además, se supervisaba continuamente para corregir procedimientos inadecuados y garantizar que se respetaran los límites de seguridad en todo momento.

**Estrategias para la mejora**
En varias ocasiones se intentó comunicar estrategias para un trabajo más efectivo y mejorar la estancia de los trabajadores, pero el gerente no consideraba necesario ni importante estos aspectos. Como resultado, no se llevaron a cabo reuniones para abordar estos temas. El gerente realizaba los recorridos en el tramo con cada cuadrilla de manera individual, sin exponer ni discutir las ideas en colectivo.

Las cuales incluían:

1. **Alojamiento:**
    - **Renovación de Instalaciones:** Adquirir materiales para reconstruir los campamentos de Roch en su ubicación anterior, lo cual resultaría más económico que el coste asociado al combustible necesario para los traslados del personal en largas distancias, así como el alquiler de las instalaciones en el pueblo de Xpujil.
2. **Mantenimiento Regular:** Emplear la excavadora durante los fines de semana con el propósito de mejorar el estado del camino, facilitando así el acceso a la gasolinería, donde se podían obtener suministros esenciales como agua y comida de manera más eficiente y segura.
3. **Alimentación:** Adquirir y ubicar refrigeradores y parrillas en los campamentos para que cada persona tenga la capacidad de preparar sus propios alimentos después de las jornadas de trabajo. Esto no solo mejoraría la calidad de vida de los trabajadores, sino que también garantizaría una mejor nutrición y comodidad al tener control sobre sus comidas diarias, ya que el personal, aunque local, enfrentaba largos traslados y transporte hacia sus lugares de residencia, implicando varias horas. Por ello, solo viajaban los fines de semana.

Para manejar el retraso en la llegada del equipo esencial, y mitigar el impacto en el proyecto:

1. **Reprogramación de Tareas:**
    - **Reasignación de Recursos:** Se reasignaron recursos y personal a tareas que no dependían del equipo retrasado, maximizando así la eficiencia operativa. Adicionalmente, se ajustaron los turnos de las cuadrillas para que pudieran utilizar las herramientas que estaban en escasez, asegurando que el trabajo progresara de manera continua pese a las limitaciones.

- **Equipos Temporales:** Se alquilaron equipos temporales para cubrir las necesidades inmediatas mientras se esperaba la llegada del equipo esencial. Esto permitió mantener el ritmo del trabajo y evitar demoras adicionales

**Documentación y Reportes**:

Informes Regulares: Los informes diarios se generaban exclusivamente para mantener al tanto al gerente, sin registrar de manera efectiva las actividades realizadas ni el avance de la obra. Esto resultó en una falta de documentación precisa del progreso del proyecto, limitando la capacidad de evaluar y ajustar las estrategias operativas basadas en datos concretos.

Para uno de los objetivos, es importante escribir detalladamente las condiciones de este proyecto por varias razones.
En primer lugar, estas condiciones impactan directamente en el bienestar y la eficiencia del personal. El ambiente en el que los trabajadores viven y se desarrollan influye significativamente en su motivación, salud y rendimiento diario. Problemas como la falta de higiene, el acceso limitado a alimentos y agua, y las condiciones de seguridad pueden llevar a enfermedades, descontento y renuncias, afectando así la continuidad y la calidad del proyecto.
Ayudando a identificar los desafíos y necesidades que enfrentan los auxiliares de obra al estar al frente de un proyecto. Al interactuar directamente con el personal, se observa cómo la falta de alimentación adecuada y descanso afecta su rendimiento. Es crucial reconocer que no se puede exigir una total dedicación al trabajo sin proporcionar las condiciones adecuadas para que los trabajadores se desarrollen de manera saludable y eficiente.
Además, la documentación de estas condiciones sirve como referencia importante para futuros proyectos.
Al identificar los desafíos y las soluciones implementadas, se pueden desarrollar mejores estrategias y planificaciones que prevengan problemas similares en el futuro.
Esto no solo optimiza los recursos, sino que también mejora la gestión general de proyectos, ya que es crucial para desarrollar soluciones efectivas y mejorar las prácticas laborales pues la documentación de estas dificultades es de esencial solución, no solo para el bienestar de los trabajadores, sino también para el éxito de cualquier proyecto. Mejorar las necesidades del personal debe ser una prioridad, ya que su desempeño y la calidad del trabajo dependen en gran medida de estas condiciones.

Para el objetivo de Gestión del Tiempo y Comunicación Efectiva, es evidente que se ignoró la necesidad de una comunicación efectiva. Muchos trabajadores reprimían su necesidad de expresarse, ya que el gerente tenía un carácter cambiante y, si se proponía una idea que consideraba inconveniente, utilizaba la frase "Fuera del proyecto". Esta situación se presentaba tanto en horario laboral como fuera de él, generando un ambiente de trabajo donde la comunicación abierta y la expresión de ideas eran fuertemente desalentadas.
Y aunque se le explicó el motivo detrás de la ejecución de las actividades de tramo de cierta manera para agilizar los procesos, el gerente insistía en hacer las cosas a su modo, incluso si esto ocasionaba retrasos en las actividades.
Esto no solo afecta la eficiencia y los plazos del proyecto, sino que también desalienta la iniciativa y la creatividad del equipo, obstaculizando la mejora continua y la implementación de mejores prácticas.
Establecer canales de comunicación claros y efectivos entre todos los involucrados en el proyecto para asegurar una coordinación óptima y resolver cualquier problema de manera oportuna para asegurar el armado exitoso de la vía férrea para que el tren pueda operar de manera segura y eficiente.

# CAPÍTULO IV

# RESULTADOS

El presente capítulo aborda los resultados obtenidos a lo largo del proyecto, enfocándose en el análisis y evaluación de los datos recopilados. Se incluyen diversas representaciones gráficas y diagramas de procesos para ilustrar el progreso y las mejoras implementadas. Estos resultados proporcionan una visión integral del impacto del proyecto, así como de las estrategias adoptadas para superar los desafíos enfrentados. Se detallan los logros en términos de eficiencia operativa, bienestar del personal y optimización de recursos, ofreciendo una base sólida para futuras iniciativas y proyectos similares.

**Eficiencia en el Ensamblaje:** Los retrasos significativos y la baja eficiencia fueron comunes debido a la falta de equipo adecuado y herramientas esenciales. La falta de planificación previa resultó en tiempos de inactividad y ajustes continuos y tiempos muertos durante el ensamblaje de las vías, impactando negativamente en el ritmo del proyecto.
Antes: Retrasos significativos y baja eficiencia debido a la falta de equipo y herramientas.
Después: Mejoras en la velocidad y precisión del ensamblaje. Se realizaron ajustes documentados para asegurar calidad y eficiencia.
Una vez implementadas las soluciones y ajustes, se observaron mejoras considerables en la coordinación de las tareas y la redistribución de recursos permitieron agilizar el proceso de ensamblaje, reduciendo tiempos de espera y optimizando el uso de herramientas disponibles.

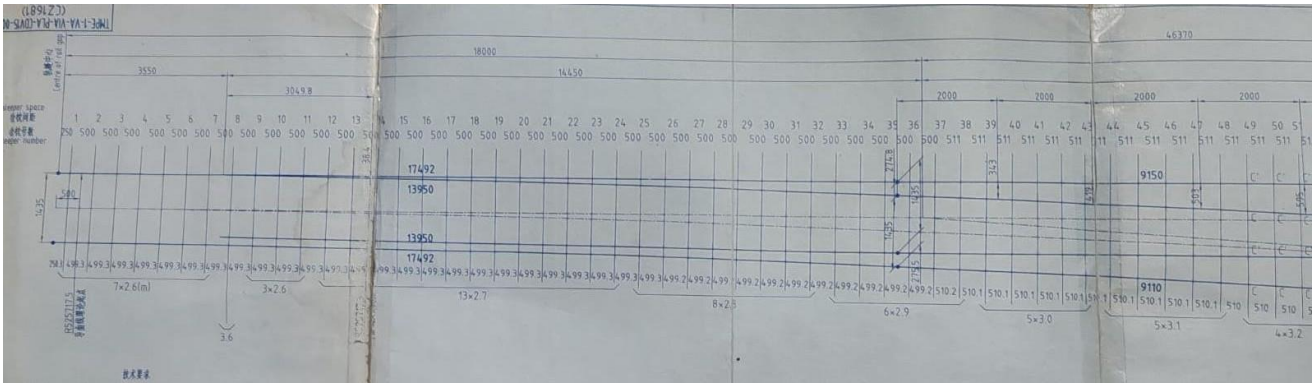


*Figura 16.8 "Plano antes de instalacion Agujas y rieles intermedios"*

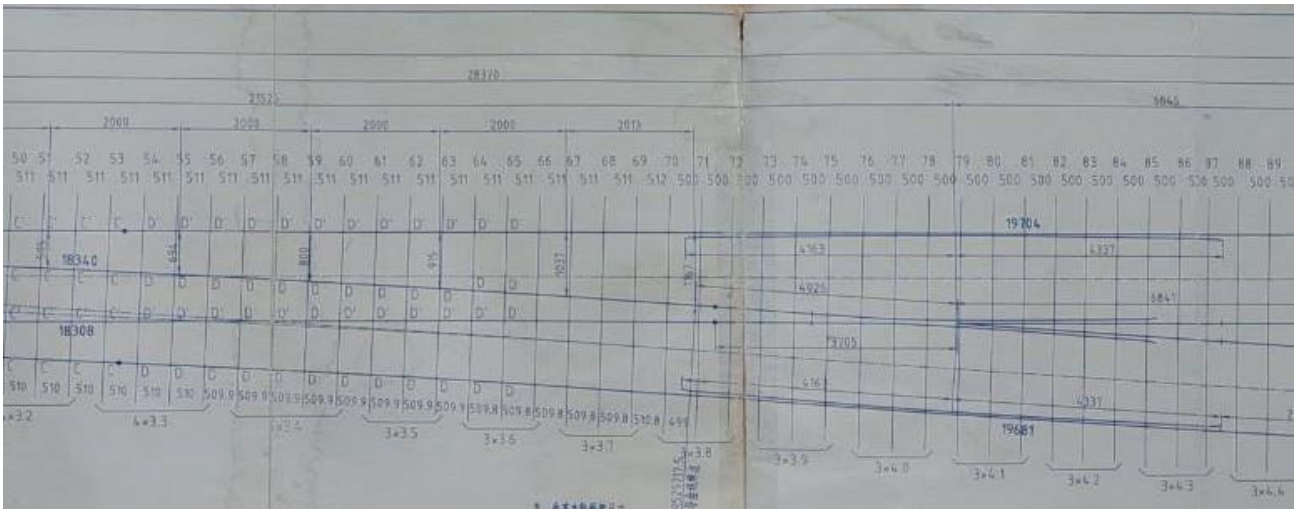


*Figura 16.9 "Plano antes de instalacion corazon y contrarieles"*

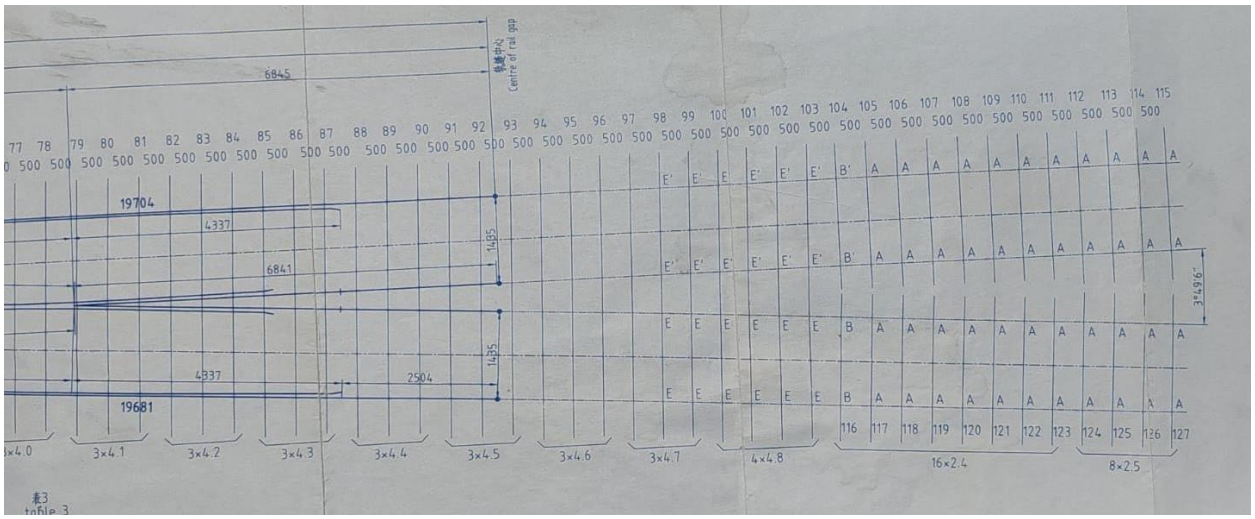



*Figura 17 "Plano antes de instalacion talon del cambio de via"*

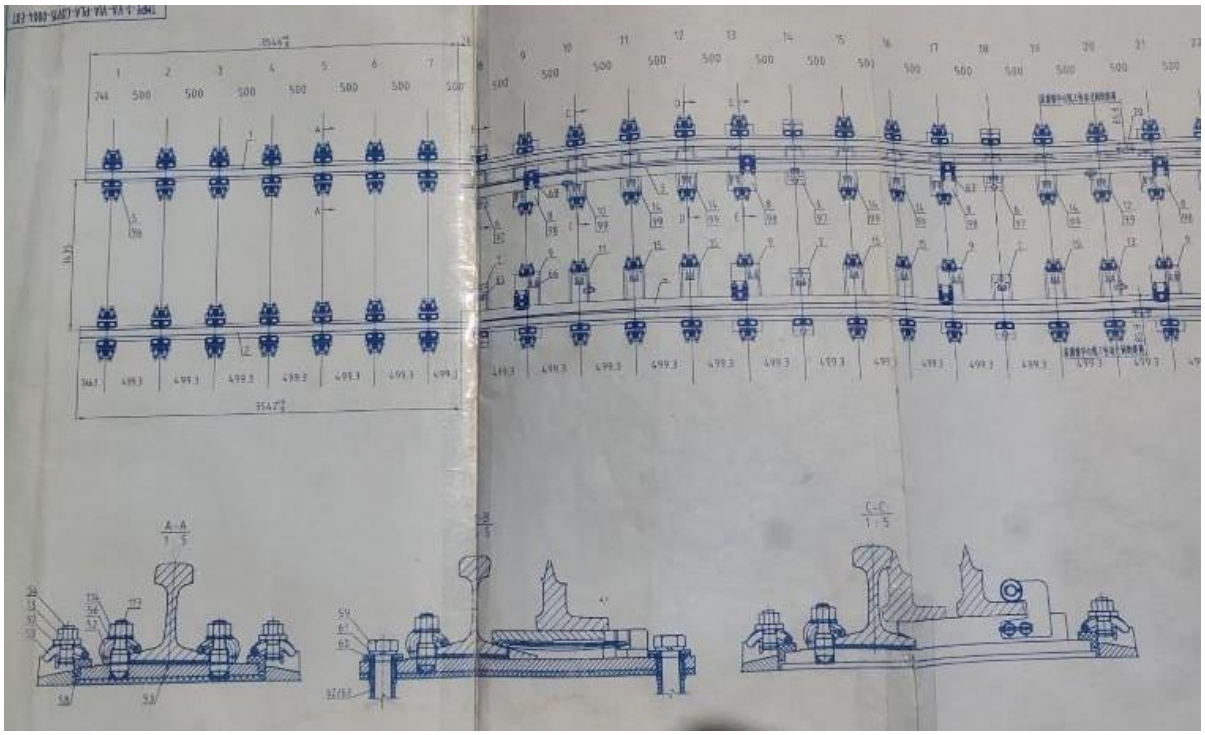


*Figura 17.1 "Plano con instalacion de fijacion agujas"*

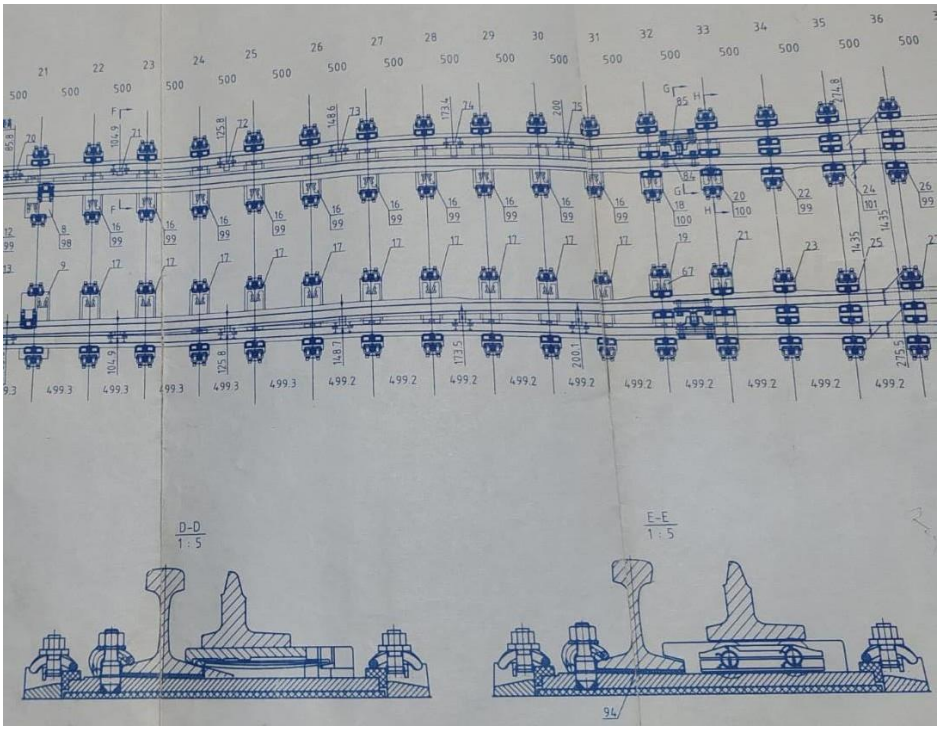



*Figura 17.2 "Plano con instalacion de fijacion agujas"*

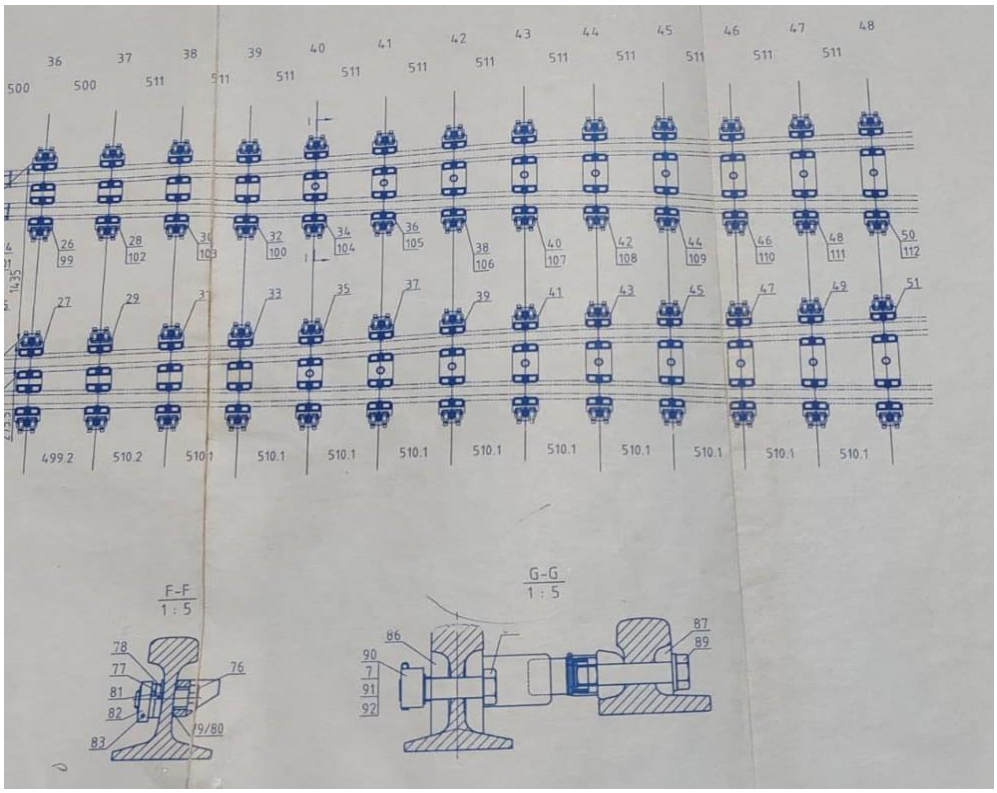



*Figura 17.3 "Plano con instalacion de fijacion rieles intermedios"*

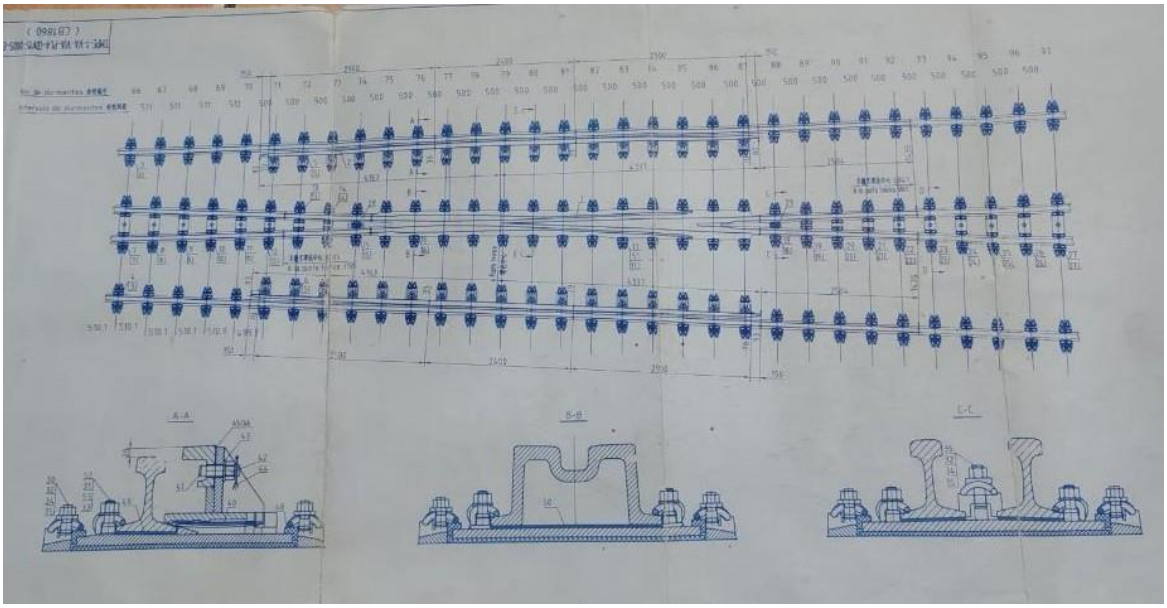


*Figura 17.4 "Plano con instalación de fijacion corazon del aparato de via"*

La inclusión del plano del aparato de cambio de vía en esta sección es esencial.

El plano proporciona una guía visual clara para la correcta instalación del aparato de cambio de vía. Esto es fundamental para asegurar que el ensamblaje se realice de manera eficiente y precisa, reduciendo la posibilidad de errores y retrabajos, así con una referencia detallada, los operarios pueden seguir los pasos necesarios de manera ordenada y efectiva, disminuyendo el tiempo de inactividad durante el ensamblaje. Esto contribuye a un flujo de trabajo más fluido y continuo.

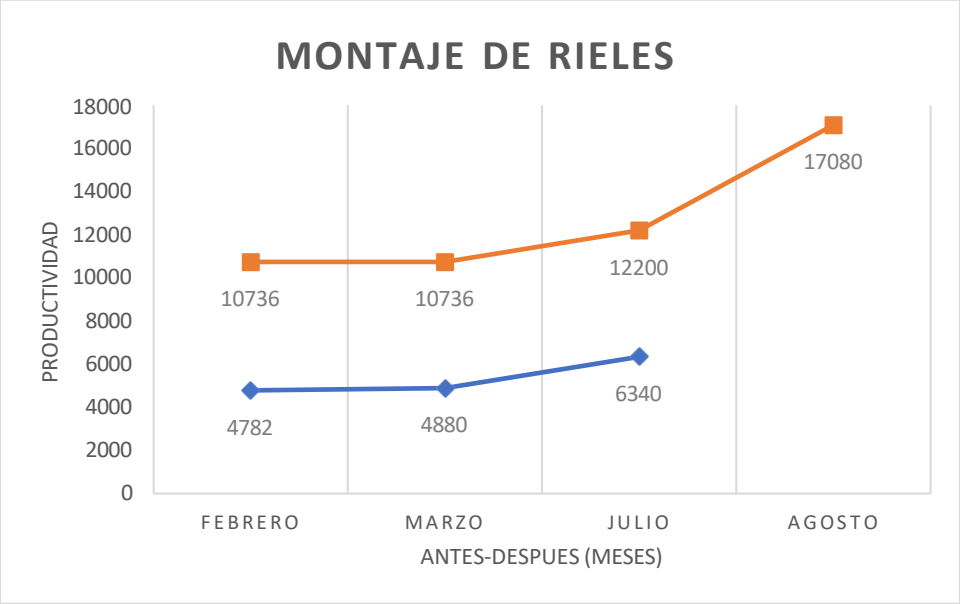
El plano facilita una mejor coordinación entre los distintos miembros del equipo de ensamblaje, asegurando que todos comprendan su rol y las especificaciones exactas del aparato de cambio de vía. Esto mejora la sinergia y colaboración dentro del equipo, asignando tareas específicas.

Contar con un plano detallado ayuda a mantener estándares de calidad elevados, asegurando que el aparato de cambio de vía se instale correctamente y funcione adecuadamente. Esto es vital para la seguridad y eficiencia operativa del sistema ferroviario.

Se aprovecho como una herramienta educativa para el personal, pues durante el montaje y armado se les ayudo a familiarizarse con el aparato y con la lectura de planos, lo que mejora la competencia y rapidez en futuras instalaciones.

**Capacitación del Personal:** A través de módulos prácticos y continuas supervisiones, se logró capacitar al personal local, muchos de los cuales no tenían experiencia previa en trabajos de esta magnitud. Esto no solo mejoró su rendimiento, sino que también fortaleció su habilidad para manejar herramientas específicas y seguir procedimientos de seguridad. Esto jugó un papel crucial en el aumento de la eficiencia

Antes: Escasa, con trabajadores locales sin experiencia previa en proyectos de esta magnitud.
Después: Implementación de módulos prácticos y supervisión constante, resultando en una mano de obra más competente y segura, corrigiendo practicas incorrectas se llegó a minimizar el tiempo de la colocación en mano de obra.



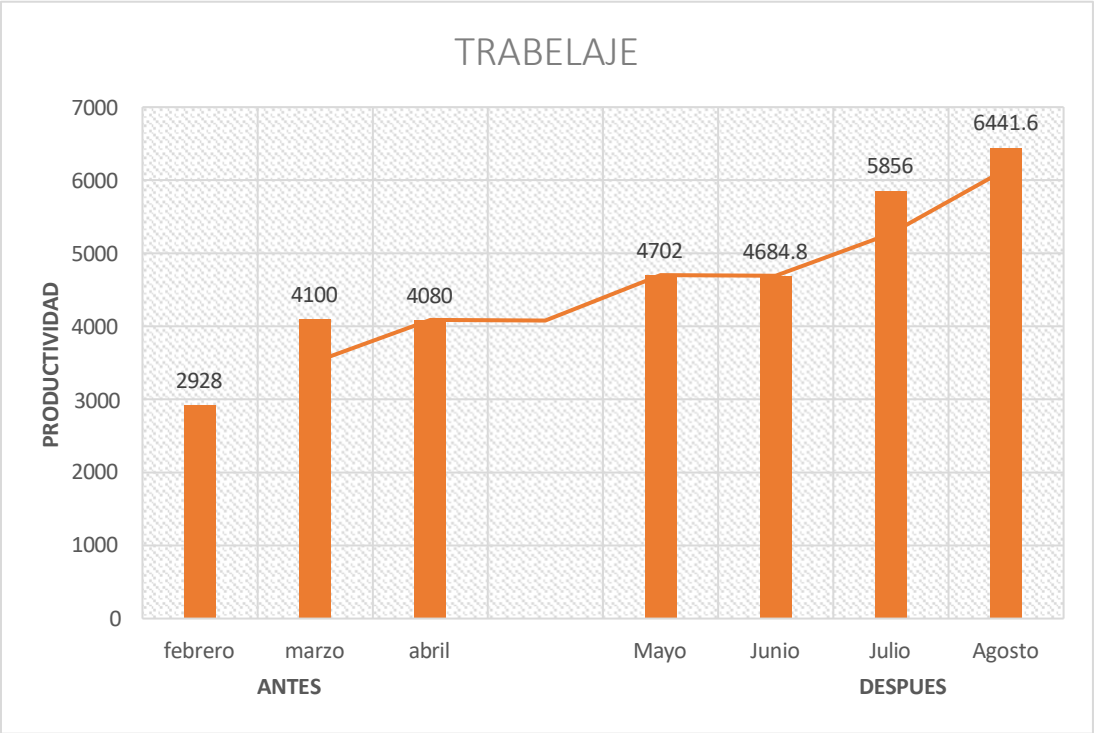

*Grafica 1 "Estadística de productividad de Montaje de Rieles Antes y Después de la Capacitación"*

En la Grafica 1, se puede apreciar como incremento la colocación de rieles después a través de la capacitación del personal incluyo el uso adecuado de las herramientas, señas universales de izaje y sobre todo se mejoró la comunicación y con ello la coordinación dentro de los miembros de equipo.




*Grafica 2 "Estadística de la colocación Durmientes antes y después de la Capacitación"*

En la Grafica 2, se incrementa significativamente la eficiencia del proceso de colocación, pues operan de manera más competente, reduciendo errores y evitando tiempos muertos, pues ya a aprendido técnicas y realizado las practicas necesarias para agilizar el proceso.




*Grafica 3 "Estadística del trabelaje antes y después de una capacitación"*

Los errores recurrentes en el trabajo debido a la falta de topografía adecuada causaron retrocesos significativos. El equipo de trabajo tuvo que rehacer tareas en varias ocasiones, especialmente antes de recibir la capacitación necesaria."

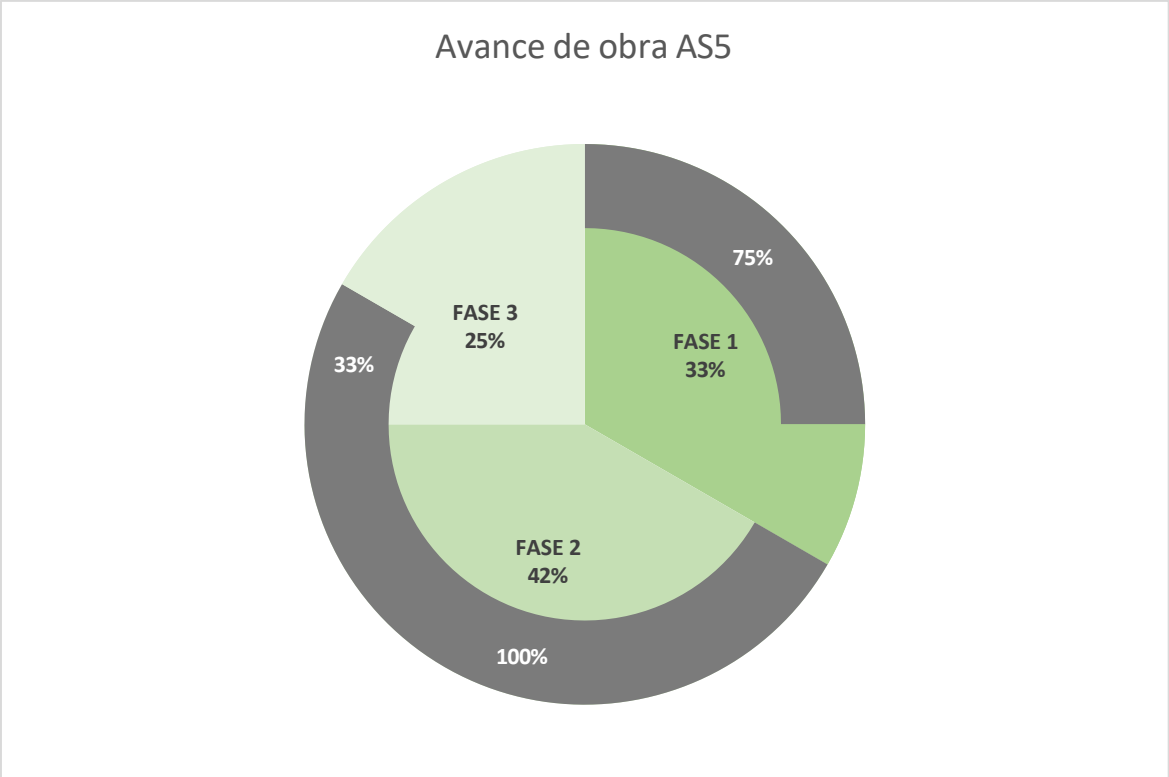
La capacitación actúa como un motivador, pues el personal se siente más competente y seguro de sus habilidades, lo que resulta en un rendimiento mejorado y una ejecución rápida de sus tareas.

claramente muestra una correlación entre la capacitación del personal y la mejora en la rapidez del proceso de colocación. Estos resultados subrayan la importancia de invertir en la formación continua del equipo para garantizar la eficiencia y la calidad en los proyectos de ingeniería.

**Productividad:** A pesar de los desafíos, la productividad se mantuvo gracias a la rápida adaptación y capacitación del personal, así como a la implementación de soluciones inmediatas para los problemas que surgieron.

Antes: Era bastante baja debido a la falta de recursos y equipo adecuado, así como a las deficientes condiciones de trabajo.

Después: Se tuvo un aumento notable gracias a la reorganización de recursos, capacitación continua en las actividades del tramo, así la eficiencia en el ensamblaje de las vías mejoró sustancialmente.




*Grafica 4 "Avance de la obra hasta octubre 2024"*

**Implementación de Soluciones Inmediatas**: La capacidad de resolver problemas de forma inmediata fue crucial. Esto incluyó la reasignación de recursos y personal, el alquiler de equipos temporales y la supervisión continua para una vigilancia constante para asegurar que todas las operaciones se realicen de manera segura y eficiente.

**Condiciones del Campamento**: Las condiciones para las comodidades del personal nunca cambiaron puesto que después nos regresaron a la localidad de Conhuas en condiciones más deplorables, ya que el campamento de mujeres era un cuarto de 2x3 para 20 mujeres y ahí metieron al equipo de colocación de rieles de 10 hombres



*Figura 17.5 "Campamento de mujeres y cuadrilla de colocación de rieles en Conhuas"*



*Figura 17.6 "Personal en condiciones precarias en toda la estancia del proyecto"*

**Gestión de Recursos**

Una gestión es eficaz de los recursos es crucial para el éxito de cualquier proyecto. Se generaban informes diarios para la documentación de actividades y medidas implementadas. Pues genera beneficios como:

- Transparencia: Mantiene a todos los involucrados informados sobre el progreso del proyecto y el uso de recursos.
- Eficiencia: Permite una rápida toma de decisiones basada en datos actuales.
- Responsabilidad: Documentar cada actividad asegura que todos los miembros del equipo sean responsab les de sus tareas asignadas.

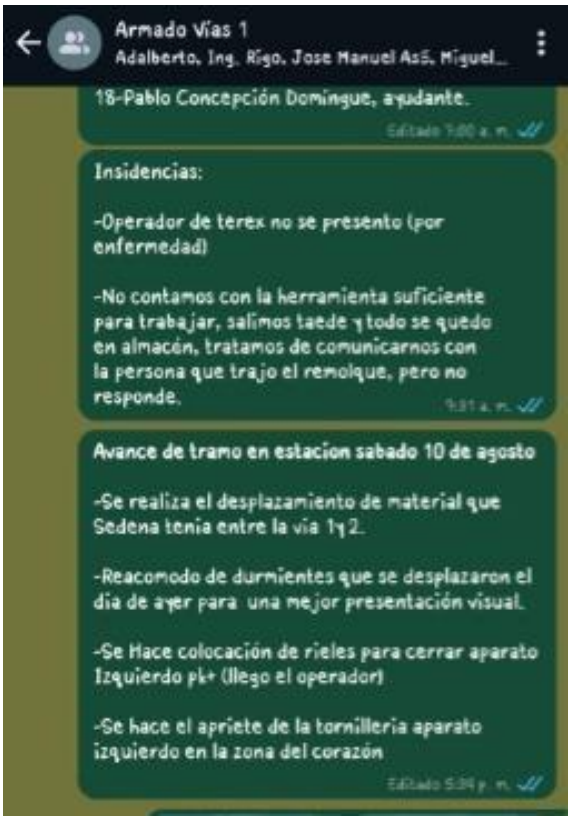



*Figura 17.7 "Ejemplo de los informes diarios"*

En la figura 16.6 se puede ver como el personal reporta tanto actividades diarias como inconvenientes e incidencias vividas en tramo, esta estrategia asegura una actividad más sostenible. El uso de WhatsApp para enviar reportes de trabajo facilita una comunicación rápida y eficiente entre los miembros del equipo. La inmediatez de esta plataforma permite que la información crítica sea compartida de manera instantánea, asegurando que todos los involucrados estén al tanto de los avances y posibles problemas en tiempo real.

La capacidad de compartir fotos, videos y mensajes de voz en WhatsApp mejora la coordinación del equipo, ya que se pueden enviar y recibir pruebas visuales del progreso del trabajo, así como instrucciones detalladas. Esto garantiza que todos los miembros del equipo tengan una comprensión clara de sus tareas y responsabilidades.

**Sostenibilidad:** Las lecciones aprendidas en este proyecto establecen un precedente para futuros proyectos en términos de planificación y gestión de recursos, implica integrar prácticas y estrategias que promueven la responsabilidad para asegurarnos que los trabajadores tengan condiciones laborales justas y seguras, así como el

uso de nuevas herramientas de aprendizaje y promueve el aprendizaje en sí, esto lo que contribuirá a una ejecución más eficiente, con mejores estrategias.

| ACTIVIDAD | FASE | Uso de materiales resiclados | Gestion de residuos | Evaluacion de impacto ambiental | Capacidad en sostenibilidad |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. MARCAS DE TOPOGRAFIA | FASE 1 | baja | media | alta | media |
| 2. PRIMERA CAPA DE BALASTO | FASE 1 | alta | media | media | media |
| 3. COLOCACION DE DURMIENTES | FASE 1 | baja | media | media | media |
| 4. COLOCACION DE FIJACION | FASE 1 | baja | media | media | baja |
| 5. MONTAJE DE RIELES | FASE 2 | alta | alta | alta | media |
| 6. APRIETE DE TORNILLERIA | FASE 2 | media | alta | alta | media |
| 7. ARMADO DE APARATO DE CAMBIO DE VIA | FASE 2 | baja | alta | alta | baja |
| 8. CORTE DE CUPONES | FASE 2 | media | alta | alta | alta |
| 9. SOLDADURA ALUMINOTERMICA | FASE 2 | media | alta | media | baja |
| 10. SEGUNDA CAPA DE BALASTO | FASE 3 | alta | alta | media | alta |
| 11. NIVELACION DE VIA | FASE 3 | baja | alta | alta | media |
| 12. ATENDER FENOMENOS PRODUCIDOS EN VIA | FASE 3 | | | | |

Tabla 18 Comparativa de las actividades y sus fases mediante las que se trabajó la sostenibilidad"

Esta tabla refleja una la transparencia por parte de AS5 en las etapas del proyecto. Sin embargo, AS5 podemos ver que dio poca importancia a las prácticas sostenibles. Aun así, el equipo de trabajo se esforzó por mitigar el impacto ambiental mediante la implementación de diversas prácticas sostenibles durante todas las fases del proyecto. Estas prácticas incluyeron la gestión adecuada de residuos, el uso de materiales reciclables y la optimización del consumo de recursos. Además, se realizaron esfuerzos para garantizar la eficiencia energética y minimizar las emisiones de CO2, demostrando el compromiso del equipo con la sostenibilidad a pesar de las limitaciones impuestas por la organización.

## Lecciones Aprendidas

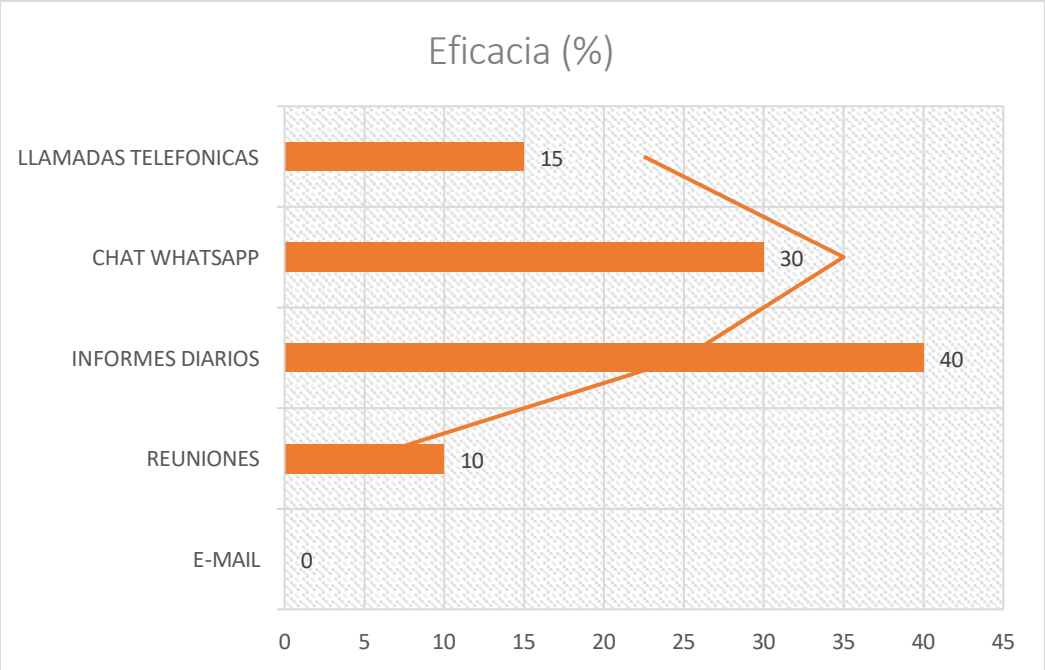
**Importancia de la Planificación**: La falta de un cronograma de actividades y la mala gestión de recursos subrayan la necesidad de una planificación más cuidadosa y proactiva en futuros proyectos pues no solo mejorará la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos, si no que establecerá un precedente positivo y mejor coordinación para evitar tiempos muertos

| Actividades a realizar en tramo 7 frante 5 | Fecha de Inicio | Fecha de Fin | Duracion (D o M) | Recursos Necesarios | Responsable | Comentarios |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Llegada del personal a Conhuas | 3 de Diciembre | 9 de Septiembre | 9 meses | Renta del lugar donde se alojara al personal | Gerente | "Platicas de seguridad" |
| Colocacion de Primera Capa de Balasto | 17 de Dicimebre | 23 de Julio | 7 meses | Vogel | Operador: Luis Sanchez Santos | Platicas de seguridad |
| Colocacion de Durmientes | 20 de Diciembre | 25 de julio | 7 meses | Grua, pulto, Titan, cadenas | Mayordomo: Juan Esequia Ezquivel | Capacitacion de personal y "Platicas de seguridad" |
| Trabelaje y Alineacion | 21 de Diciembre | 31 de julio | 7 meses | Barretas, flexometro, hilo cañamo | Ingeniera Lidieth Espinoza Hernandez | Capacitacion de personal y "Platicas de seguridad" |
| Colocacion de Rieles | 23 de Diciembre | 4 de Agosto | 8 meses | Balancin, Hiab, Grua, Cadenas, barretas, flexometro | Ingeniera Diana Laura Ramirez Meneses | Capacitacion de personal y "Platicas de seguridad" |
| Armado de Aparato de via | 4 de Agosto | 3 de Septiembre | 1 mes | Plano, barretas, balancin, cadenas, pinzas, grua, llaves inglesas | Ingeniera Diana Laura Ramirez Meneses | Platicas de seguridad |
| Soldadura Aluminotermica | 2 de Enero | 13 de agosto | 8 meses | Camion soldador | Soldador Jose Francisco Merloz | Platicas de seguridad |
| Segunda Capa de Balasto | 7 de Enero | 26 de Agosto | 8 Meses | Camiones de volteo, Excavadora, Niveladora | Ingeniero Manuel Gonzalez Flores | Platicas de seguridad |
| Arreglar Fenomenos producidos en Vias | 9 de Septiembre | 25 de Octubre | 1 mes y 16 dias | Barretas, Palas Pico,carretilla, Bateadora | Lideres de cuadrilla | Vuelo de Balasto, Danza de Traviesas, Ondas de Levante y "Platicas de seguridad" |

Tabla 19 “Cronograma de actividades que debía tener AS5 antes de iniciar actividades”

La implementación de un plan integral para el cuidado del personal de campo es fundamental para garantizar su bienestar y eficiencia. Un enfoque efectivo podría incluir la evaluación de riesgos laborales, la provisión de equipos de protección personal adecuados y la implementación de protocolos de higiene estrictos. En este cronograma podemos ver un plan de actividades que se pudieron haber seguido en tiempo y forma para evitar cuellos de botella en diferentes etapas del proyecto. Puesto que es importante ofrecer capacitaciones regulares sobre seguridad y primeros auxilios, más en lugares como Campeche, puesto que el medico queda a dos horas desde la localidad donde nos encontrábamos, así como asegurar que las instalaciones de campamento cumplan con los estándares de habitabilidad y sanidad. Fomentar una cultura de cuidado y respeto por la salud de los trabajadores no solo mejora su calidad de vida, sino que también refuerza la productividad y la moral del equipo.

**Comunicación Efectiva**: La resistencia a la comunicación abierta y la falta de discusión colectiva de ideas destacan la importancia de fomentar un ambiente donde las opiniones y sugerencias puedan ser expresadas sin temor a represalias.




*Grafica 5 "Canales de comunicación y su eficiencia en As5"*

Esta grafica muestra el canal de comunicación más importante según la percepción del equipo de As5.

Los resultados del proyecto evidencian una clara falta de comunicación efectiva, la cual afectó en varias ocasiones la coordinación y ejecución de tareas. Pues aún con llamadas y mensajes mediante la app del teléfono esta deficiencia comunicativa obstaculizó la toma de decisiones y la resolución de problemas, donde se tenía que tomar opinión del superintendente, como del gerente, teniéndolas que tomar por cuenta propia teniendo la responsabilidad del éxito del proyecto.

**Capacitación Continua**: La capacitación práctica y la supervisión constante se demostraron cruciales para mejorar la eficiencia y seguridad del personal, lo que debe ser una prioridad en proyectos futuros.




*Diagrama 1 "Plan de capacitación básico que se utilizó en as5"*

Las capacitación en tramo fueron improvisada, pues no había tiempo para planes de capacitación estructuradas, y el equipo de colocación de rieles era el único en brindar capacitaciones al personal, ya que se aprovechaba que eran los que en diferentes oportunidades abarcaron todas las actividades del proceso, rotaban al personal para capacitar a más empleados y poder transferir sus habilidades y conocimientos al resto de los equipos ayudando así a implementar un sistema de monitoreo con los ya capacitados y asegurar con los de nuevo ingreso el minimizar riesgos de retrasos y cumpliendo con las normas de calidad exigidos por la empresa contratante.

# CONCLUSIONES

El proyecto de implementación y entendimiento de la superestructura férrea por una empresa nueva en el sector ha demostrado ser un reto significativo, especialmente debido a la falta de experiencia y la complejidad técnica. A pesar de estos desafíos, el proyecto ha logrado superar los obstáculos y optimizar el proceso de ensamblaje, asegurando la calidad de la infraestructura ferroviaria. A través de la implementación de soluciones inmediatas y la redistribución de recursos, se logró mejorar notablemente la velocidad y precisión en el ensamblaje de las vías, reduciendo tiempos de espera y optimizando el uso de herramientas. La formación continua y la supervisión constante del personal local fueron cruciales para mejorar la eficiencia y seguridad. Aunque no se realizaron capacitaciones formales, se buscó dar solución a la falta de experiencia del personal a través de módulos prácticos y aprendizaje en el lugar de trabajo. Esto permitió que el personal adquiriera las habilidades necesarias para manejar herramientas específicas y seguir procedimientos de seguridad, reduciendo así el tiempo de colocación y errores. A pesar de los desafíos, la productividad se mantuvo gracias a la rápida adaptación y capacitación del personal. La reorganización de recursos y la implementación de estrategias eficientes resultaron en un aumento significativo de la productividad. La generación de informes diarios permitió una documentación constante de actividades y decisiones, asegurando transparencia, eficiencia y responsabilidad en todas las etapas del proyecto. Las prácticas sostenibles implementadas establecen un precedente para futuros proyectos, integrando estrategias que promueven la responsabilidad y aseguran condiciones laborales justas y seguras para los trabajadores.

Las lecciones aprendidas subrayan la importancia de una planificación cuidadosa y proactiva en futuros proyectos. La falta de un cronograma y la mala gestión de recursos dejaron claro que se necesita una mejor planificación para evitar tiempos muertos y mejorar la eficiencia. Además, la formación práctica y la supervisión constante demostraron ser esenciales para mejorar la eficiencia y seguridad del personal, y deben ser una prioridad en proyectos futuros. Fomentar un ambiente de comunicación abierta y sin temor a represalias es vital para la innovación y mejora continua. Implementar un plan integral para el cuidado del personal es fundamental para garantizar su bienestar y eficiencia, mejorando así la moral y productividad del equipo.

Entre las recomendaciones para futuros proyectos, se destaca la necesidad de establecer un cronograma de actividades bien definido y una mejor coordinación para evitar tiempos muertos. Es crucial mantener y ampliar los programas de capacitación continua y supervisión constante para asegurar un equipo competente y seguro. Además, se debe implementar herramientas tecnológicas para mejorar la gestión de recursos y la comunicación interna, continuar integrando prácticas sostenibles en todos los aspectos del proyecto para asegurar su viabilidad a largo plazo y asegurar que las condiciones de trabajo y alojamiento cumplan con los estándares de habitabilidad y sanidad, mejorando la calidad de vida de los trabajadores.

El proyecto ha cumplido con sus objetivos en tiempo y forma, superando los desafíos presentados y estableciendo una base sólida para futuras iniciativas en el sector ferroviario. A pesar de muchos retrasos en tiempo y comunicación, se logró el objetivo del entendimiento y aprendizaje, incluyendo el armado de la superestructura de la vía férrea. El proyecto del Tren Maya es uno de los más grandes, pero tiene muchos cuellos de botella en los frentes en los que he participado y he podido darme cuenta de ello. Si un proyecto tan elaborado como este tiene fallas, la inclusión de AS5 en el ámbito ferroviario también las tendría. Sin embargo, este éxito demuestra que, con la estrategia adecuada, incluso una empresa nueva puede alcanzar grandes logros en un campo tan complejo.

# OBJETIVOS EDUCACIONALES

El desarrollo de superestructuras ferroviarias es un componente esencial en la mejora del transporte y la conectividad de un país. A través de este proyecto, se busca demostrar la integración de competencias de la ingeniería mecatrónica en el diseño, construcción y optimización de sistemas ferroviarios. La convergencia de tecnologías avanzadas y principios de ingeniería mecatrónica permite abordar los desafíos actuales y futuros de las vías férreas, garantizando sistemas más eficientes, seguros y sustentables.

Este apartado marca las habilidades y conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Mecatrónica que son aplicables y beneficiosos para el desarrollo de proyectos ferroviarios. Se explorarán las sinergias entre ambas disciplinas y se justificará la capacidad del ingeniero mecatrónico para liderar e innovar en el campo de la ingeniería civil, específicamente en la creación y gestión de superestructuras ferroviarias modernas y eficaces.

**Perfil de egreso de ingeniería Mecatrónica.**

**Formar profesionistas en la ingeniería mecatrónica con la capacidad analítica, critica, e innovadora que le permita diseñar, proyectar, construir y administrar equipos y sistemas mecatrónicos en el sector socia, productivo, y de servicios, así como integrar, operar y mantenerlos con un compromiso y de calidad en un marco de desarrollo sustentable.**

En el proyecto se analizó sistemas existentes y se propuso mejoras innovadoras para optimizar la eficiencia y seguridad de la empresa. La capacidad crítica permitió identificar puntos débiles en el diseño tradicional de la superestructura ferroviarias y desarrollar soluciones. Se diseño y gestiono sistemas de monitoreo para las vías férreas, y se utilizó maquinaria que incluyen sensores y actuadores para asegurar el estado óptimo de la superestructura, demostrando las competencias en administración de sistemas complejos.

Se aplicaron principios de ciencias e ingeniería para solucionar problemas específicos como experimentando, probando la resistencia y probando la efectividad del desarrollo de las actividades evitando daño a los materiales y asegurando la continuidad y seguridad del servicio ferroviario, colaborando así con diferentes audiencias como ingenieros civiles, arquitectos, mecánicos y operadores para una correcta implementación de soluciones implementando practicas responsables y éticas en todas las fases del desarrollo, evaluando el impacto ambiental.

Se implementaron conocimientos adicionales, actualizándonos constantemente utilizando tecnologías emergentes para tener un control preciso sobre lo realizado en campo, liderando equipos multidisciplinarios, gestionando cada día las problemáticas, estableciendo metas claras y asegurando los plazos establecidos

**Atributos de egreso de Ingeniería Mecatrónica.**

- **Identificar, resolver y formular problemas de ingeniería mecatrónica aplicando conocimientos de ciencias e ingeniería.**

Se aplico al resolver problemas específicos del diseño y en la continuidad del constante del mantenimiento de las vías férreas

- **Analizar, aplicar y proponer procesos de diseño de ingeniería que resulten en proyectos mecatrónicos que cumplen las necesidades o requerimientos especificados.**

Se utilizo conocimientos en lectura de planos para asegurar que el diseño de la super estructura ferroviaria cumplan con los requerimientos técnicos y de seguridad necesarios.

- **Desarrollar y dirigir experimentación adecuada: analizar e interpretar los datos sostenidos y utilizar el juicio ingenieril para establecer conclusiones.**

Se logro, llevando a cabo la ejecución y manteniendo un control de actividades técnicas y administrativas, analizando los datos para adelantarnos y previendo futuras problemáticas.

- **Comunicarse de manera efectiva con diferentes audiencias de forma oral y escrita.**

A pesar de algunas dificultades en la comunicación con los superiores, se mantuvo una excelente comunicación con el equipo de colocación de rieles, personal de mano de obra, así como con el personal de la empresa cliente con quienes teníamos trato directo, lo que resultó en un equipo de trabajo que funcionó de manera óptima.

- **Reconocer sus responsabilidades éticas y profesionales en situaciones relevantes para la ingeniería y realizar juicios informados que deben considerar el impacto de las soluciones de ingeniería mecatrónica en los contextos global, económico ambiental y social.**

Se analizo el impacto global, económico, ambiental y social de las soluciones implementadas en este proyecto. Las decisiones tomadas se alinearon con principios éticos y responsabilidades profesionales, asegurando que las prácticas adoptadas fueran sustentables y amigables para la flora y fauna.

- **Reconocer las necesidades de incorporar conocimiento adicional y tener la habilidad para identificar, aplicar, integrar y evaluar este conocimiento adecuadamente.**

  Se realizo un extenso trabajo de lectura e investigación para adquirir los conocimientos necesarios. Esta dedicación permitió identificar técnicas específicas, estrategias de mantenimiento predictivo, basándonos en análisis de datos, lo que fue crucial para solucionar diversas dificultades que surgieron a lo largo del proyecto, asegurando la calidad y eficiencia de las soluciones implementadas.

- **Trabajar de forma eficaz y eficiente en equipos que establecen metas, planean tareas, cumplen fechas limite y analizan riesgos e incertidumbre.**

Se establecieron metas claras y estratégicas, se planificaron tareas de manera estructurada y se aseguró el cumplimiento de las fechas límite. Además, se gestionaron riesgos e incertidumbres de manera proactiva, lo que permitió mantener el proyecto en curso. Motivaste al personal al compartir los aprendizajes de investigación, incrementando su interés y comprensión del trabajo, lo que resultó en un equipo más comprometido y eficiente.

- **Innovar productos, procesos, equipos y sistemas mecatrónicos integrando tecnologías emergentes o de vanguardia.**

  A través de la investigación y el análisis de diferentes metodologías, se implementó soluciones audaces que mejoraron la eficiencia, demostrando la capacidad de adaptabilidad a diferentes dificultades y problemáticas presentadas por la empresa cliente en entornos complejos.

# Ingeniería Mecatrónica.

**Demostrar conocimientos sólidos en manufactura o sistemas de control y automatización industrial.**

Se aplico los conocimientos en áreas sistemáticas clave mediante la investigación detallada y la elaboración de ciertas memorias técnicas, registrando cálculos y datos capturados en tramo, así como para comunicar la

información recabada, asegurando así, la transparencia y la trazabilidad de los procesos. Aunque no se participó directamente en el desarrollo de diseños, simulaciones o automatizo ningún proceso, se tuvo la capacidad para dimensionar componentes críticos y supervisar procesos esenciales, por tanto, fue fundamental para asegurar que el proyecto cumpliera con los requisitos técnicos y de seguridad necesarios. La participación en la elaboración y revisión de memorias técnicas también contribuyó significativamente al éxito del proyecto.

**Los Egresados desarrollan conocimientos especializados en áreas de la ingeniería mecatrónica y/o áreas afines, mediante la actualización profesional y la superación académica.**

Durante el desarrollo del proyecto, Se mantuvo en una constante actualización profesional. Se realizo extensas investigaciones y lecturas, lo que te permitió adquirir conocimientos avanzados en áreas críticas para el éxito del proyecto. Esta dedicación a la superación académica permitió aplicar técnicas y metodologías actuales, asegurando que las soluciones implementadas fueran las más adecuadas y modernas, pues tomar un trabajo con gran responsabilidad en un área desconocida, es un desafío enorme, que obliga a salir de una zona de confort y utilizar las herramientas adquiridas en la escuela para cultivarse y adquirir nuevos conocimientos, demostrando una sólida capacidad de adaptación y crecimiento profesional.

**Los egresados participan en grupos multidisciplinarios como lideres o coordinadores en el contexto de su campo profesional.**

Se asumieron roles de liderazgo y coordinación, guiando al equipo a través de diversas etapas del proyecto y asegurando una cooperación efectiva entre los diferentes miembros. la habilidad para dirigir equipos y comunicarte eficazmente con los distintos integrantes facilitó la resolución de problemas complejos y garantizó el progreso constante del proyecto.

# FUENTES DE INFORMACIÓN

**Bibliografia**


1. **AREMA. (2019).** *Manual for Railway Engineering*. 5th ed. Landover, MD: AREMA Publications.
2. **Alvarez, P. (2023).** I*ngenieria e Infraestructura de los Transportes, Ferrocarriles*. Servicio de publicaciones de la Universidad de Oviedo.
3. **Brown, L., & Green, P. (2018).** *Challenges in Modern Railway Construction*. Civil Engineering Press.
4. **Carrascosa, A. (2014).** *La Via Ferrea (en blanco y negro): Construcción y conservación del ferrocarril* . Amazon.
5. **Chandra, S. C., & Agarwal, M. M. (2013).** *Railway Engineering* (2nd ed.). Oxford University Press.
6. **Clavio, G. (s.f).** *Vías Ferreas*. [Sin editorial]. Recuperado de: vias_ferreas.pdf
7. **Gonzalez, F & Fuentes, J. (2018**). *Sistemas Ferroviarios: planificación, ingenieria y explotación*. Editorial UNED
8. **Guerrero, J. (2017*).*** *Ingenieria de Vías Ferreas*. Editorial Lulu.
9. **Lopez, J. (2015).** *Análisis de los Parámetros del Galibo Ferroviario*. Escuela Politecnica Superior de la universidad Carlos lll, Madrid.
10. **Mundrey, J. S. (2009).** *Railway Track Engineering (4th ed.).* Tata McGraw-Hill Education.
11. **Rico Rodríguez, A., & Orozco y Orozco, J. M. (1991).** *Manual de calidad para materiales en la sección estructural de vías terrestres*. Instituto Mexicano del Transporte.
12. **Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (1986).** *Normas de Calidad de los Materiales Carreteras y Aeropistas. Terracerías Libro 4*. México: SCT.
13. **Smith, J. (2020).** *Evaluating Railway Infrastructure: A Comprehensive Report (Informe No. 1234).* International Railways Organization.
14. **Taylor, A. (Ed.). (2019).** *Innovations in Railway Technology.* Tech Press.


**Cibergrafia**

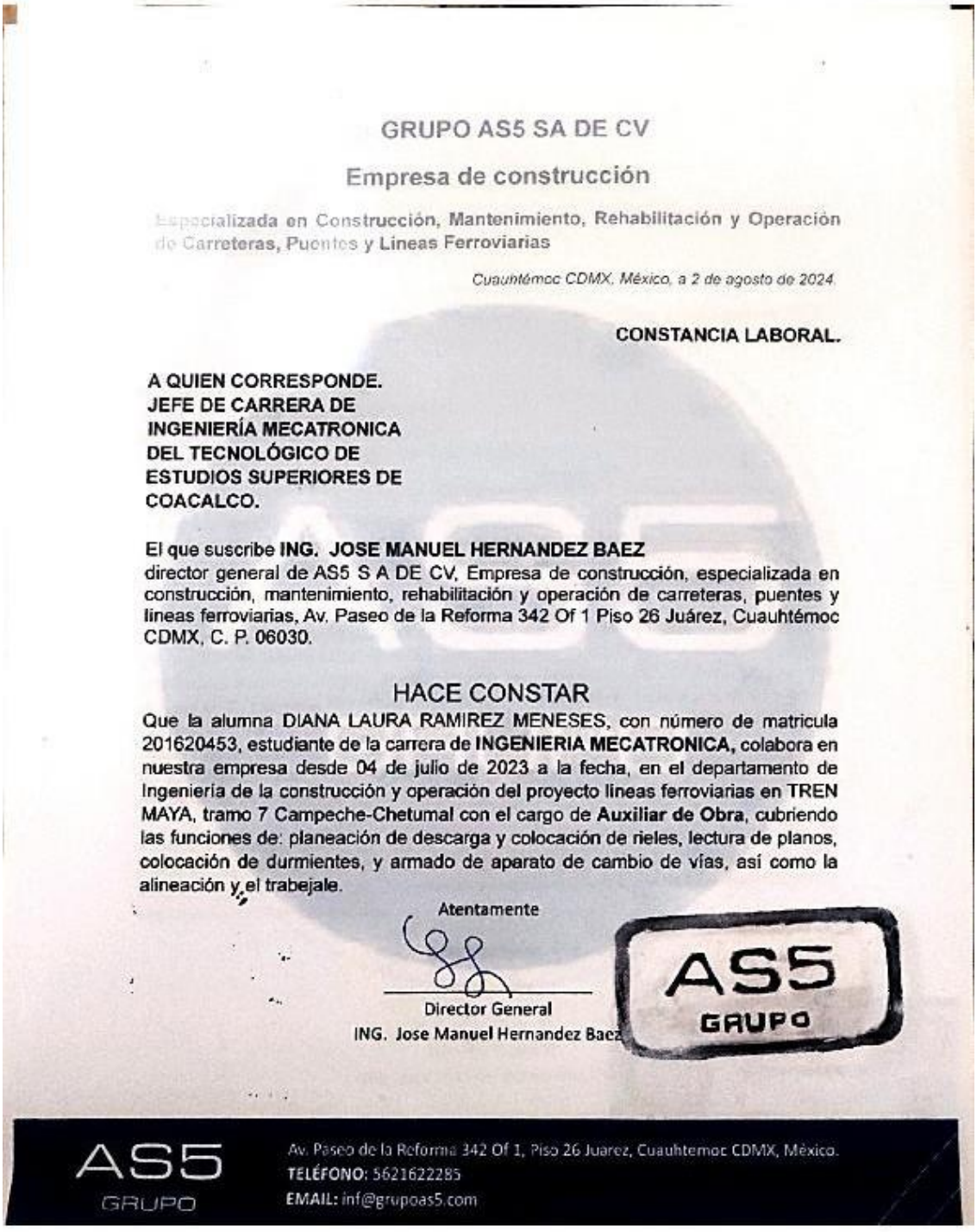

1. **Agico Group. (s.f).** *¿Como se construye una vía ferrocarril? TM Agico Rieles.* http://www.agicorieles.com/como%20-construye-una-via-ferrocarril.html
2. **Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario. (2024).** *Regulación Ferroviaria Vigente. Gobierno de México.* Recuperado de https://www.gob.mx/artf/acciones-y-programas/normas-oficiales-mexicanas-en-materia-ferroviaria-y-lineamientos-vigentes-362305
3. **Cabanes Martín, A. (2013).** *Los documentos efímeros del ferrocarril: el retorno de una inversión. Interinformación, XI Jornadas Españolas de Documentación:* 20, 21 y 22 de mayo de 2009, Auditorio Palacio de Congresos de Zaragoza, 2009, ISBN 978-84-692-2663-6, págs. 183-1921. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=29729491
4. **Coordinación de Comisiones Nacionales y Grupos de Trabajo (CMIC). (s.f.).** Presentación de PowerPoint, *Infraestructura*. Recuperado de https://www.cmic.org.mx/sectores/portuaria/Portuario%202021/Documento%20pdf/Presentaciones%20CMIC/Presentacion%20Estructura%20CMIC.pdf
5. **Curiel, N., Perez, A., Martinez, C. & Perez, N. (2023).** *Propiedades Físicas y Mecánicas de Materiales de Balasto de Bancos Mexicanos*. Recuperada de Propiedades físicas y mecánicas de materiales para balasto de bancos mexicanos | Instituto Mexicano del Transporte | Gobierno | gob.mx

6. **Holland Dredging, (2024).** *Tratamiento térmico*. Tratamiento térmico - Holland Dredging Industries
7. **Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas (IMEF). (2020).** *El tren maya y su impacto en la economía mexicana*. Recuperado de https://www.imef-universitario.com/post/el-tren-maya-y-su-impacto-en-la-econom%C3%ADa-mexicana
8. **Rodríguez García, A. (s.f.).** *Capítulo 1. Universidad de las Américas Puebla*. Recuperado de https://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lhr/dominguez_p_al/capitulo1.pdf
9. **Orozco J., Rico A., Tellez, R. & Perez, A. (1991).** *Manual de calidad para Materiales en la Seccion Estructural de vías Ferreas*, Recuperado de Microsoft Word - DT2.doc
10. **Quo. (s.f.).** *La historia de los ferrocarriles en México*. Recuperado de https://quo.mx/medio-ambiente-y-sostenibilidad/la-historia-de-los-ferrocarriles-en-mexico/
11. **Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2013.).** *Manual férreo de especificaciones téc nicas - Parte 1*. Recuperado de https://www.campus-virtual.mineria.unam.mx/Mineria/Hospedaje/UNAM-UNICAUCA/MANUAL%20F%C3%89RREO%20DE%20ESPECIFICACIONES%20T%C3%89CNICAS_PARTE%20%201_Version%200.pdf
12. **Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). (s.f.).** *Máster en Sistemas Ferroviarios y Tracción Eléctrica.* Escuela Politècnica Superior de Ingeniería de Vilanova i la Geltrú. Recuperado de https://epsevg.upc.edu/es/estudios/master-en-sistemas-ferroviarios-y-traccion-electrica

**Revista**

1. **Mexico desconocido. (2019)**. *La Historia del Tren en Mexico*. Conoce Mexico, 2.-6

# ANEXOS



GRUPO AS5 SA DE CV

Empresa de construcción

Especializada en Construcción, Mantenimiento, Rehabilitación y Operación de Carreteras, Puentes y Líneas Ferroviarias

*Cuauhtémoc CDMX, México, a 2 de agosto de 2024*

**CONSTANCIA LABORAL.**

**A QUIEN CORRESPONDE.**
**JEFE DE CARRERA DE**
**INGENIERÍA MECATRONICA**
**DEL TECNOLÓGICO DE**
**ESTUDIOS SUPERIORES DE**
**COACALCO.**

El que suscribe **ING. JOSE MANUEL HERNANDEZ BAEZ** director general de AS5 S A DE CV, Empresa de construcción, especializada en construcción, mantenimiento, rehabilitación y operación de carreteras, puentes y líneas ferroviarias, Av. Paseo de la Reforma 342 Of 1 Piso 26 Juárez, Cuauhtémoc CDMX, C. P. 06030.

## HACE CONSTAR

Que la alumna DIANA LAURA RAMIREZ MENESES, con número de matricula 201620453, estudiante de la carrera de **INGENIERIA MECATRONICA,** colabora en nuestra empresa desde 04 de julio de 2023 a la fecha, en el departamento de Ingeniería de la construcción y operación del proyecto líneas ferroviarias en TREN MAYA, tramo 7 Campeche-Chetumal con el cargo de **Auxiliar de Obra**, cubriendo las funciones de: planeación de descarga y colocación de rieles, lectura de planos, colocación de durmientes, y armado de aparato de cambio de vías, así como la alineación y el trabejale.

Atentamente

Director General
ING. Jose Manuel Hernandez Baez

AS5 GRUPO

AS5 GRUPO
Av. Paseo de la Reforma 342 Of 1, Piso 26 Juarez, Cuauhtemoc CDMX, México.
**TELÉFONO:** 5621622285
**EMAIL:** inf@grupoas5.com

GRUPO AS5 SA DE CV

Empresa de construcción

Especializada en Construcción, Mantenimiento, Rehabilitación y Operación de Carreteras, Puentes y Lineas Ferroviarias

*Cuauhtémoc CDMX, México, a 2 de agosto de 2024*

**A QUIEN CORRESPONDA.**
**JEFE DE CARRERA DE INGENIERIA**
**MECATRONICA DEL TECNOLOGICO**
**DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO.**

El que suscribe **ING. JOSE MANUEL HERNANDEZ BAEZ**, identificado como Gerente General, que en mi calidad de representante legal de la empresa AS5 S A DE CV, autorizo a la alumna **DIANA LAURA RAMIREZ MENESES,** estudiante de la carrera Ing. Mecatrónica, del Tecnológico de Estudios Superiores De Coacalco, a utilizar información confidencial de la empresa para el proyecto con fines educativos.
Como condiciones contractuales, el estudiante se obliga a (1) no divulgar ni usar para fines personales la información (documentos, expedientes, escritos, artículos y demás materiales) que, con objeto de la relación de trabajo, le fue suministrada; (2) no proporcionar a terceras personas, verbalmente o por escrito, directa o indirectamente, información alguna de las actividades y/o procesos de cualquier clase que fuesen observadas en la empresa.
La estudiante asume que toda información y el resultado del proyecto serán de uso exclusivamente académico.

El material suministrado por la empresa será la base para la construcción del proyecto de titulación. La información y resultado que se obtenga del mismo podrían llegar a convertirse en una herramienta didáctica que apoye la formación de los estudiantes del Tecnológico De Estudios Superiores de Coacalco.

Atentamente

Director General
ING. Jose Manuel Hernandez Baez

AS5 GRUPO

AS5 GRUPO
Av. Paseo de la Reforma 342 Of 1, Piso 26 Juarez, Cuauhtemoc CDMX, México.
**TELÉFONO:** 5521622285
**EMAIL:** inf@grupoas5.com