

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

NOMBRE DEL PROYECTO

**ESTANDARIZACIÓN EN LAS RAMPAS DE VELOCIDAD
EN LAS LINEAS DE RECUBRIMIENTO**

**TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PRESENTA:

DAVID RAMOS RAMOS

ASESOR INTERNO:

MTRO. PLUTARCO SÁNCHEZ DE GANTE

APIZACO, TLAX., ABRIL, 2026



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLOGÍA
NACIONAL DE APÍZACO



Instituto Tecnológico de Apizaco
Ingeniería Industrial

Apizaco, Tlax. 11/febrero/2026

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral

LIC. CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación integral:

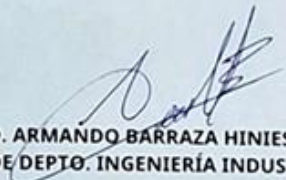
Nombre del Egresado:	DAVID RAMOS RAMOS
Carrera:	INGENIERÍA INDUSTRIAL
No. De control:	C20370968
Nombre del proyecto:	ESTANDARIZACIÓN EN LAS RAMPAS DE VELOCIDAD EN LAS LINEAS DE RECUBRIMIENTO
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLOGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APÍZACO
**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL**


MTRO. ARMANDO BARRAZA HINIESTA
JEFE DE DEPTO. INGENIERÍA INDUSTRIAL


ING. PLUTARCO SÁNCHEZ DE GANTE
ASESOR INTERNO

c.c.p._Div. Est. Prof. (interesado)
c.c.p._Archivo



2026
año de
**Margarita
Maza**



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuachapetec, Municipio de Tzucun, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 144, e-mail: subplan@apizaco.tecnom.mx <http://www.apizaco.tecnom.mx>



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, **19/Marzo/2026**

DAVID RAMOS RAMOS
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CON NÚMERO DE CONTROL C20370968
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"ESTANDARIZACIÓN EN LAS RAMPAS DE VELOCIDAD EN LAS LINEAS DE RECUBRIMIENTO"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despidió.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



CECILIA YARELLY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo
CYAL/Gvm*



Agradecimientos.

Quiero dedicar unas palabras de gratitud a todas las personas e instituciones que hicieron posible la culminación de este proyecto y de mi formación universitaria.

En primer lugar, a mi madre, por su amor y el apoyo incondicional que me ha dado en todo el camino que he recorrido hasta ahora, por enseñarme el valor del esfuerzo y por estar siempre a mi lado en los momentos de duda y cansancio. A mi abuelita, por su compañía, por todas las veces que me esperaba con un plato de comida cada que llegaba de la escuela y por recordarme que nunca estaba solo en este camino. A mis tíos quienes me aconsejaron para elegir el camino correcto y me contaban anécdotas desde su experiencia para no repetir por lo que ellos pasaron. Sin ustedes, este logro no tendría sentido.

A mis amigas Lluvia y Abril, quienes con su apoyo, paciencia y alegría nos acompañamos en los días de desvelo por cumplir con algún examen, tarea o proyecto mientras nos recordábamos que detrás de cada sacrificio siempre hay un motivo por el cual lo estábamos haciendo el cual nos hizo llegar hasta donde estamos ahora. Gracias por ser parte de esta etapa tan importante.

A mis profesores, quienes me dieron permiso para faltar cada que tenía que salir a un pre nacional o nacional para representar a la institución y quienes con dedicación compartieron sus conocimientos y me guiaron en este proceso formativo, fundamental para que este trabajo alcanzara la calidad que hoy presenta. En especial al profesor Plutarco Sánchez De Gante, por su guía y sus consejos para la elaboración de este reporte. Al Instituto Tecnológico de Apizaco, a quien represente a nivel nacional con gran orgullo, por brindarme las herramientas y el espacio para desarrollarme tanto en lo académico como en lo personal.

A la empresa Saint Gobain America, por abrirme sus puertas y permitirme aplicar los conocimientos adquiridos en un entorno real, enriqueciendo mi experiencia profesional y aportando nuevas perspectivas a este proyecto. A mis compañeras Nancy, Pilar, Arely, Hilda, Daniela, Jesús y Edwin del departamento de desarrollo, por la amistad y el apoyo que me brindaron durante mi estancia en la empresa, por su colaboración y por enseñarme que el trabajo en equipo es esencial para alcanzar grandes resultados. En especial al ingeniero Edwin Cervantes Franco por guiarme y por sus consejos para la elaboración de este reporte y para mi futura vida profesional.

Al grupo cívico del Instituto Tecnológico de Apizaco, con quien viví de las mejores experiencias que he tenido en la vida cuando convivíamos en la bodega, o cuando salíamos a

los pre nacionales y nacionales, ya que conocí a personas de mí misma institución y de otras instituciones del país con las cuales comparto un mismo gusto y una misma pasión. Al instructor David Estrada, por brindarme su amistad y darme algunos consejos que me podrían servir para la vida, y no menos importante por darme la confianza de estar en el puesto de Corneta de Ordenes dentro del grupo y permitirme vivir la experiencia de estar en una banda de guerra del sistema TecNM. ¡Una vez toro, Siempre toro!

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra forma, aportaron su granito de arena para que este trabajo se hiciera realidad. Este logro no es solo mío, sino también de quienes caminaron conmigo y me apoyaron en cada paso.

Contenido

1.	Índice de ilustraciones	7
2.	Índice de tablas.....	7
3.	Índice de gráficas	8
4.	Introducción.	9
5.	Descripción de la empresa.....	10
5.1.	Misión:	11
5.2.	Visión:	11
5.3.	Valores:	11
5.4.	Diagrama de operaciones de proceso	11
5.5.	Partes de una Winder	15
5.6.	Rampas de aceleración	16
5.7.	Paros no programados.....	17
5.8.	Macro localización	18
5.9.	Micro localización	19
5.10.	Área de desarrollo del proyecto.....	20
6.	Problemas por resolver.....	21
7.	Objetivos (general y específicos).....	22
7.1.	Objetivo general:.....	22
7.2.	Objetivos específicos:.....	22
8.	Justificación.....	23
9.	Marco teórico (fundamentos teóricos).	23
9.1.	Manufactura.....	23
9.2.	Manufactura industrial	24
9.3.	Manufactura de clase mundial	25
9.4.	Eficiencia operativa	26
9.5.	Cronometraje	28
9.6.	Lean manufacturing	32
9.7.	Circulo de Deming	34
10.	Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.....	35
10.1.	Planear	35
10.2.	Hacer	36
10.3.	Verificar	51

10.4. Actuar.....	54
11. Resultados.....	54
12. Conclusiones de proyecto	58
13. Competencias desarrolladas y/o aplicadas.	59
14. Fuentes de información	59
15. Anexos	63

1. Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Logotipo de la empresa Saint-Gobain	10
Ilustración 2 Logotipo de la empresa ADFORS Saint-Gobain.....	11
Ilustración 3 Diagrama de operaciones del proceso	13
Ilustración 4 Lay Out de la planta Adfors SGA.....	14
Ilustración 5 Partes de una Winder	15
Ilustración 6 Macro localización de la empresa Adfors SGA.....	19
Ilustración 7 Norte del estado de Tlaxcala.....	20
Ilustración 8 Micro localización de la empresa Adfors SGA	20
Ilustración 9 Limpieza en aplicadores 1 y 2	49
Ilustración 10 Limpieza en tina de enfriamiento	49
Ilustración 11 Tarjeta de frecuencia Schneider.....	50
Ilustración 12Controlador para tarjeta Lust	50
Ilustración 13 Correo de respuesta del departamento de Mantenimiento indicando ajustes realizados	50
Ilustración 14 Sistema Barco antes de realizar ajustes a la línea	57
Ilustración 15 Sistema Barco después de realizar ajustes a la línea	57

2. Índice de tablas

Tabla 1 Diagrama de Gantt del proyecto Estandarización de rampas de aceleración en línea 3 de recubrimiento	36
Tabla 2 Recolección de datos de tiempo de cambio de cono hasta subir posición.....	38
Tabla 3 Recolección de velocidad máxima	40
Tabla 4 Recolección de tiempo en que alcanza velocidad máxima.....	43
Tabla 5 Comportamiento de TEX de bobinas de prueba	46

Tabla 6 Recolección de tiempo en que alcanza velocidad máxima después de ajustes	51
Tabla 7 Comportamiento de TEX de bobinas de prueba de segundo plan de prueba	53
Tabla 8 Comportamiento de TEX desde primeros 100 metros en bobinas antes de ajustes a rampas de aceleración	56
Tabla 9 Comportamiento de TEX desde primeros 100 metros en bobinas después de ajustes a rampas de aceleración	56
Tabla 10 Matriz de riesgos.....	58

3. Índice de gráficas

Gráfica 1 Tiempo desde que para winder hasta que sube posición	39
Gráfica 2 Velocidad máxima que alcanza cada posición.....	41
Gráfica 3 Rampas de aceleración de la posición 1-80	44
Gráfica 4 Tex de posiciones que tienen una aceleración máxima, promedio y mínima.....	47
Gráfica 5 Rampas de aceleración con ajustes	52
Gráfica 6 TEX que presentaron los primeros 100 metros de hilo recubierto	54
Gráfica 7 Variabilidad de las rampas de aceleración antes de ajustes	55
Gráfica 8 Variabilidad de las rampas de aceleración después de ajustes	55

4. Introducción.

La industria manufacturera moderna enfrenta el reto constante de optimizar sus procesos productivos para garantizar calidad, eficiencia y seguridad en cada etapa de la operación. En este contexto, Saint-Gobain ADFORS, empresa líder en el diseño y fabricación de textiles técnicos y soluciones de recubrimiento, ha consolidado su presencia global mediante la implementación de metodologías de clase mundial orientadas a la mejora continua.

Dentro de la planta de Tlaxcala, el área de recubrimiento de hilo de fibra de vidrio constituye un proceso estratégico para la generación de productos de alto rendimiento. Sin embargo, en la línea número 3 se ha identificado una problemática recurrente durante el arranque de los winders, derivada de la ausencia de parámetros definidos en las rampas de aceleración. Esta situación provoca descoordinación entre equipos, enredos de hilo, generación de scrap, paros no programados y riesgos para la seguridad de los operadores, afectando directamente la calidad del producto y la eficiencia operativa.

Ante esta necesidad, el presente proyecto se enfoca en la estandarización de rampas de aceleración en la línea 3 de recubrimiento, con el propósito de establecer parámetros técnicos que permitan sincronizar los equipos, reducir desperdicios y mejorar la confiabilidad del sistema. La iniciativa busca no solo incrementar la calidad del hilo en los primeros metros de producción, sino también fortalecer la seguridad laboral y contribuir a la mejora continua del proceso productivo.

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo siguiendo la metodología del Círculo de Deming (PDCA), lo que permitió estructurar las actividades en cuatro fases: planear, hacer, verificar y actuar. En la etapa de planeación se realizó un diagnóstico del proceso de recubrimiento, identificando las principales causas de los problemas en el arranque de los winders. Posteriormente, en la fase de ejecución, se implementaron pruebas controladas con diferentes parámetros de aceleración, registrando tiempos, velocidades y comportamiento del hilo en los primeros metros de producción. En la fase de verificación se analizaron los resultados obtenidos mediante cronometrajes, gráficas de comportamiento y comparaciones de eficiencia, evaluando la reducción de scrap y la mejora en la estabilidad del sistema. Finalmente, en la etapa de actuación se definieron parámetros estándar de aceleración para la línea 3, documentando las mejores prácticas y capacitando al personal operativo para asegurar la correcta aplicación de los ajustes.

Los resultados obtenidos evidenciaron una mejora significativa en la eficiencia operativa de la línea 3. Se logró una reducción considerable en la generación de scrap durante el arranque, así como una disminución en los paros no programados. La calidad del hilo en los primeros 500 metros mostró mayor uniformidad en el TEX, cumpliendo con las especificaciones técnicas establecidas. Además, la estandarización de las rampas de aceleración permitió disminuir la intervención manual de los operadores, reduciendo riesgos laborales y aumentando la confiabilidad del sistema automatizado.

En términos generales, el proyecto contribuyó a fortalecer la cultura de mejora continua dentro de la planta, demostrando que la aplicación de metodologías de ingeniería industrial en procesos reales puede generar beneficios tangibles en productividad, seguridad y calidad, consolidando así la competitividad de la empresa en el mercado global.

5. Descripción de la empresa

Saint-Gobain ADFORS es una división del grupo Saint-Gobain, especializada en el diseño y fabricación de textiles técnicos y soluciones de revestimiento para los sectores de la construcción y la industria. Su enfoque principal es ofrecer productos innovadores, sostenibles y de alto rendimiento que utilizan materiales como fibra de



Ilustración 1 Logotipo de la empresa Saint-Gobain

vidrio, fibras sintéticas y naturales. Con más de 80 años de experiencia, ADFORS se ha consolidado como líder mundial en refuerzos técnicos, destacándose por su capacidad de adaptación a las necesidades del mercado y por su compromiso con la calidad.

La empresa tiene presencia en más de 65 países y cuenta con 13 plantas de producción distribuidas estratégicamente en América, Europa y Asia. Su modelo de producción se basa en el sistema WCM (World Class Manufacturing), que promueve la mejora continua mediante la eliminación de pérdidas, la optimización de procesos y la participación de todos los colaboradores. Este enfoque permite a ADFORS mantener altos estándares de eficiencia, seguridad y sostenibilidad en todas sus operaciones.

ADFORS ofrece una amplia gama de productos para diferentes aplicaciones. En el sector de la construcción, destacan las cintas para paneles de yeso (como FibaTape y FibaFuse), los mosquiteros, las mallas de reparación, los recubrimientos de paredes de fibra de vidrio y los refuerzos estructurales. En el ámbito industrial, la empresa desarrolla tejidos para plásticos reforzados, refuerzos para techos, mallas scrim para empaques y soluciones para rehabilitación vial. Además, cuenta con líneas especializadas que utilizan materiales avanzados como Kevlar, carbono, Dyneema, Spectra y Vectran, para aplicaciones de alta exigencia técnica.



Ilustración 2 Logotipo de la empresa ADFORS Saint-Gobain

5.1. Misión: Ofrecer soluciones textiles técnicas de alto rendimiento y personalizables que aporten rendimiento, confort y seguridad a los usuarios finales.

5.2. Visión: Ser el líder mundial más confiable e innovador en tejidos técnicos, instaurándose en la mente de los clientes como el socio comercial preferido, ofreciendo soluciones adaptadas que aumenten su rentabilidad.

5.3. Valores: ADFORS promueve los siguientes valores clave:

- **Confiability en calidad:** Productos fáciles de manejar, que cumplen expectativas y mejoran las soluciones del cliente.
- **Confiability en servicio:** Entregas puntuales y completas, con comunicación rápida y eficiente.
- **Innovación:** Desarrollo ágil de nuevas soluciones, buscando ser los primeros en introducirlas al mercado.
- **Colaboración:** Enfoque de co-desarrollo con los clientes para soluciones a medida.
- **Mejora continua:** Producción de clase mundial (WCM), enfocada en optimizar procesos y eliminar pérdidas.

5.4. Diagrama de operaciones de proceso

En la ilustración 3, se muestra la ruta del sistema productivo, que se describe a continuación:

1. **Mezclado:** En esta etapa se prepara el plastisol, una mezcla semilíquida o viscosa compuesta por resinas de PVC, plastificante (DOT), pigmentos dependiendo del color requerido y diversos aditivos. El objetivo principal es obtener una formulación

homogénea que garantice las propiedades físicas y químicas necesarias para los procesos posteriores.

2. **Recubrimiento:** El hilo de fibra de vidrio es recubierto con el plastisol previamente preparado. Para ello, las bobinas de fibra de vidrio provenientes de Vetrotex deben ingresar a las cabinas de acondicionamiento, donde se someten a una humectación controlada del $65\% \pm 5\%$ y a una temperatura de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Este acondicionamiento debe mantenerse por un periodo mínimo de 24 horas y máximo de 72 horas antes de su utilización, asegurando así la estabilidad del material. Posterior a esto, las bobinas de hilo de fibra de vidrio se colocan en las filetas para pasar al proceso.
3. **Urdido:** El proceso de urdido consiste en unificar un número determinado de bobinas para conformar un “julio”, el cual posteriormente se monta en los telares. La cantidad de bobinas depende del ancho y la construcción requerida para el material. En los Warper directos se emplean desde 1,800 bobinas, lo que implica una producción completa; mientras que en los Warper seccionales se pueden utilizar desde 230 bobinas, permitiendo la fabricación en cualquier ancho. Los julios obtenidos en esta fase presentan longitudes que oscilan entre 3,300 y 11,200 metros.
4. **Tejido:** En esta etapa se elaboran los rollos de malla semiterminada mediante el entrelazado de los julios provenientes del urdido y las bobinas recubiertas. El material que entrelaza los julios es mejor conocido como trama, el cual ayuda con a darle estructura a la malla. El ancho del rollo se establece desde el urdido, mientras que la longitud se determina en esta fase de acuerdo con los requerimientos de producción.
5. **Tenter:** El proceso de tenter se encarga del termo fijado de los rollos de malla semiterminada provenientes de los telares. Los rollos son sometidos a condiciones específicas de temperatura y tensión, según las características de cada producto, con el fin de cumplir los estándares de calidad establecidos antes de pasar a la inspección final.
6. **Inspección:** En esta última etapa se revisa la calidad de los rollos termo fijados. Durante la inspección se detectan posibles defectos como trama o urdimbre dispareja, recubrimiento liviano, banding o hilos explotados. Con base en esta evaluación se determina si el producto está apto para ingresar al almacén de producto terminado y en caso de que un rollo presente defectos significativos, se rescata la parte utilizable y se destina a la sección ready roll, donde se elaboran lienzos de menor longitud.

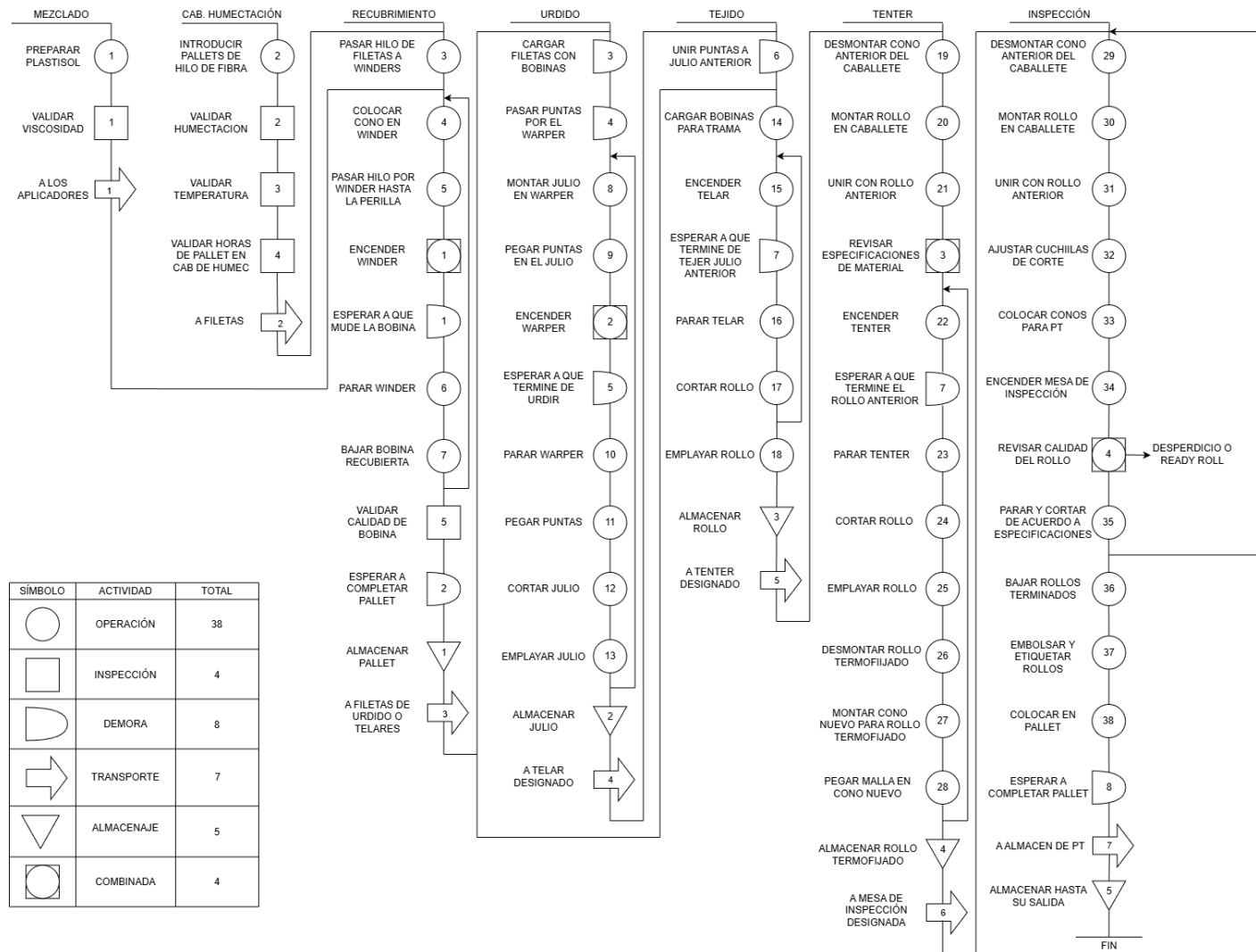


Ilustración 3 Diagrama de operaciones del proceso

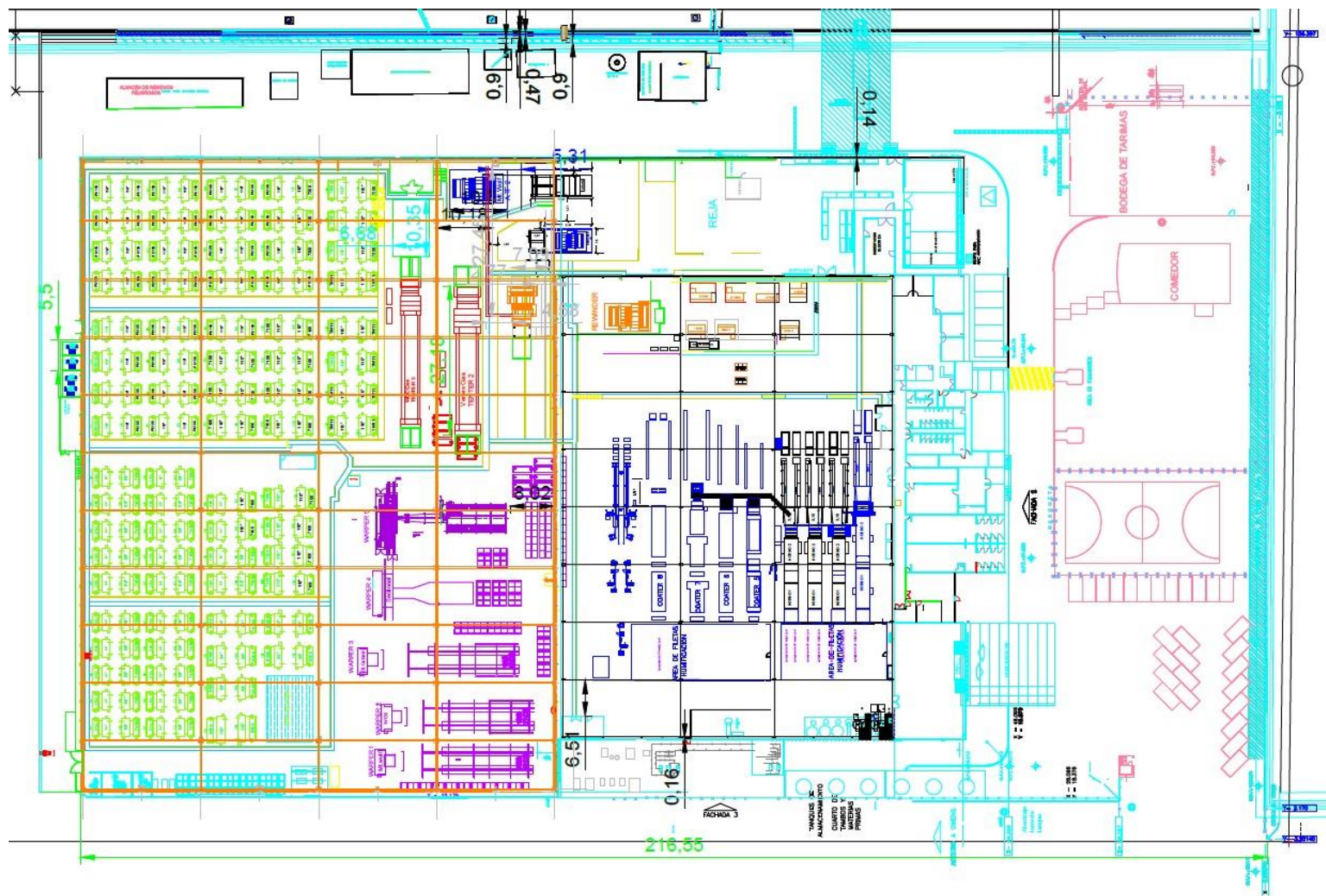


Ilustración 4 Lay Out de la planta Adfors SGA

5.5. Partes de una Winder

En la ilustración 5 se muestran las partes de una Winder, o también conocida como posición, las cuales son las siguientes:

1. **Winder:** Es la parte encargada de realizar el embobinado del hilo recubierto. Su función principal es controlar que el enrollado sea uniforme y preciso. A través de ella se enciende todo el proceso de embobinado.
2. **Perilla:** Es donde se almacenan los primeros metros de hilo los cuales estuvieron dentro del horno en lo que el operador cambiaba cono o restablecía la posición.
3. **Cono o bobina:** Es el soporte físico donde se enrolla el material. Su diseño asegura que el hilo se acomode de manera ordenada y estable durante el proceso.
4. **Brazo tensor:** Es el componente que regula la tensión del hilo recubierto mientras se enrolla. Funciona como un sistema de control dinámico que evita que el material quede flojo o demasiado apretado, garantizando la calidad del proceso.
5. **Capstan:** Es un rodillo motorizado que impulsa el hilo hacia la bobina. Su función es mantener un flujo constante de material, controlando la velocidad de avance y evitando variaciones que puedan afectar la uniformidad del enrollado.

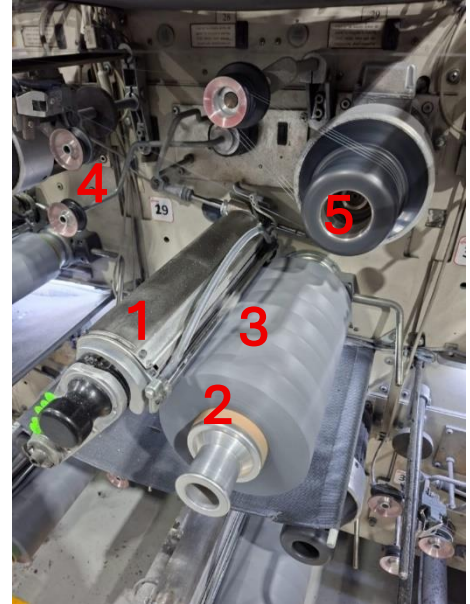


Ilustración 5 Partes de una Winder

5.6. Rampas de aceleración

Las rampas de aceleración son funciones de control que permiten regular el tiempo en que un motor eléctrico alcanza su velocidad nominal. Se implementan principalmente en variadores de frecuencia y arrancadores suaves, con el objetivo de evitar picos de corriente y reducir el estrés mecánico en el arranque (Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], s.f.). Al definir una pendiente de aceleración, el motor incrementa su velocidad de manera progresiva, lo que asegura un arranque controlado y estable.

Existen diferentes configuraciones de rampas de aceleración:

- Lineales: el incremento de velocidad es constante durante todo el tiempo de arranque.
- S-curva: el incremento es suave al inicio y al final, reduciendo vibraciones y golpes mecánicos.
- Exponenciales: el motor acelera lentamente al principio y más rápido al acercarse a la velocidad nominal, útil en cargas pesadas. Estas variaciones permiten adaptar el comportamiento del motor a las necesidades específicas de cada proceso industrial (Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo, 2022/2023).

Las rampas de aceleración cumplen una función crítica en la protección eléctrica, ya que evitan picos de corriente que podrían dañar el motor o la red eléctrica. Además, disminuyen el desgaste mecánico en componentes como engranajes, correas y acoplamientos, prolongando la vida útil de los equipos (ABB, s.f.).

Las rampas de aceleración se utilizan en múltiples sectores:

- Industria de procesos: en bombas, ventiladores y compresores para evitar sobrecargas iniciales.
- Automatización y robótica: para garantizar movimientos precisos y suaves en actuadores eléctricos.
- Transporte y logística: en cintas transportadoras y elevadores, donde un arranque brusco podría dañar la carga.
- Generación eléctrica: en motores auxiliares y sistemas de sincronización, donde la estabilidad de arranque es esencial.

Beneficios principales:

- Optimización energética: al reducir picos de corriente, se disminuye el consumo eléctrico global.
- Mayor seguridad: protege tanto al motor como a la instalación eléctrica.
- Durabilidad mecánica: prolonga la vida útil de los componentes asociados.
- Flexibilidad operativa: permite ajustar la pendiente de aceleración según la carga y el proceso.
- Reducción de ruido y vibraciones: especialmente en sistemas con variadores modernos que incluyen rampas S-curva.

5.7. Paros no programados

Un paro no programado ocurre cuando las operaciones de producción o servicios esenciales se interrumpen sin previo aviso. Estos eventos pueden deberse a fallas en el equipo, cortes de energía o fenómenos naturales, y representan un desafío significativo para la industria al impactar directamente la eficiencia operativa y la estabilidad financiera (Grupo ORS, 2024).

El impacto de los paros no programados es considerable. En sectores de producción continua, estas interrupciones pueden provocar pérdidas económicas significativas, retrasos en la entrega de productos y riesgos de seguridad para los trabajadores. Además, afectan la satisfacción del cliente y la competitividad de las empresas en mercados globales (Grupo ORS, 2024).

Las causas más comunes de los paros no programados incluyen:

- Fallas en equipos y maquinaria, como motores, bombas o sistemas eléctricos.
- Errores humanos, derivados de una capacitación insuficiente o descuidos en la operación.
- Problemas de suministro, como falta de materias primas o interrupciones en la cadena logística.
- Factores externos, tales como cortes de energía, fenómenos naturales o fallas en servicios básicos (Mora, 2020).

Una gestión eficiente de los paros no programados permite:

- Reducir costos asociados a reparaciones y pérdidas de producción.
- Mejorar la confiabilidad de los sistemas productivos.
- Aumentar la satisfacción del cliente al cumplir con tiempos de entrega.
- Fortalecer la competitividad y resiliencia de la empresa (XADO México, 2022).

Para reducir la incidencia de paros no programados, las organizaciones implementan diversas estrategias:

- Mantenimiento predictivo y preventivo, utilizando sensores y sistemas de monitoreo para anticipar fallas.
- Capacitación continua del personal, para minimizar errores humanos.
- Gestión de riesgos y planes de contingencia, que permiten responder rápidamente ante imprevistos.
- Digitalización y automatización, mediante el uso de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial para detectar anomalías en tiempo real (Mora, 2020).

5.8. Macro localización

Saint-Gobain Adfors en Tlaxcala responde a una estrategia de posicionamiento dentro del corredor industrial del centro de México, una región con alta densidad de manufactura y acceso a mercados nacionales e internacionales. La planta se beneficia de la cercanía con Puebla y Ciudad de México, lo que facilita la distribución de sus productos y el acceso a infraestructura carretera y ferroviaria. Además, la presencia de mano de obra calificada en la zona y el entorno industrial consolidado permiten que la empresa mantenga operaciones competitivas y sostenibles. Esta ubicación también le da acceso a proveedores locales y a un ecosistema de innovación que refuerza su papel como líder en textiles técnicos de fibra de vidrio y fibras sintéticas. (Ilustración 6)

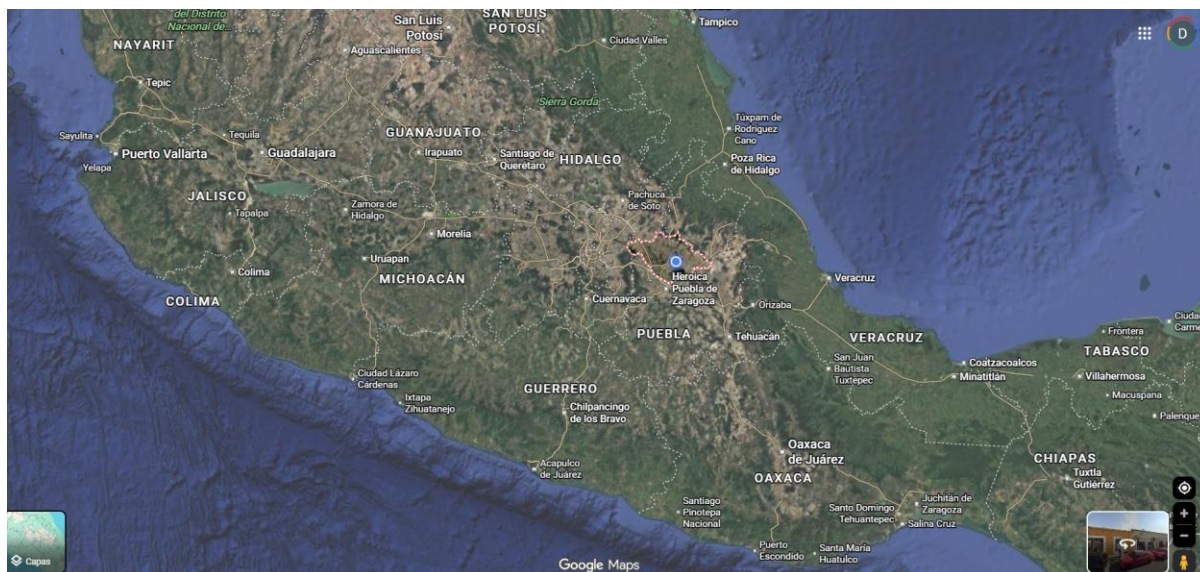


Ilustración 6 Macro localización de la empresa Adfors SGA

5.9. Micro localización

La planta se encuentra en la Ciudad Industrial Xicohténcatl, un parque diseñado para albergar empresas manufactureras con servicios compartidos como energía, agua, seguridad y vialidades internas. Estar dentro de este parque industrial le otorga ventajas como reducción de costos de infraestructura propia, mayor seguridad y facilidad para la logística de entrada y salida de materiales. La dirección específica en Actipac, Tetla de la Solidaridad, le asegura un entorno especializado y sinergias con otras compañías instaladas en el mismo parque. Esto favorece la eficiencia operativa, el desarrollo de talento local y la estabilidad de sus procesos productivos, consolidando a Adfors como un actor clave en la economía regional y nacional. (Ilustración 7 y 8)

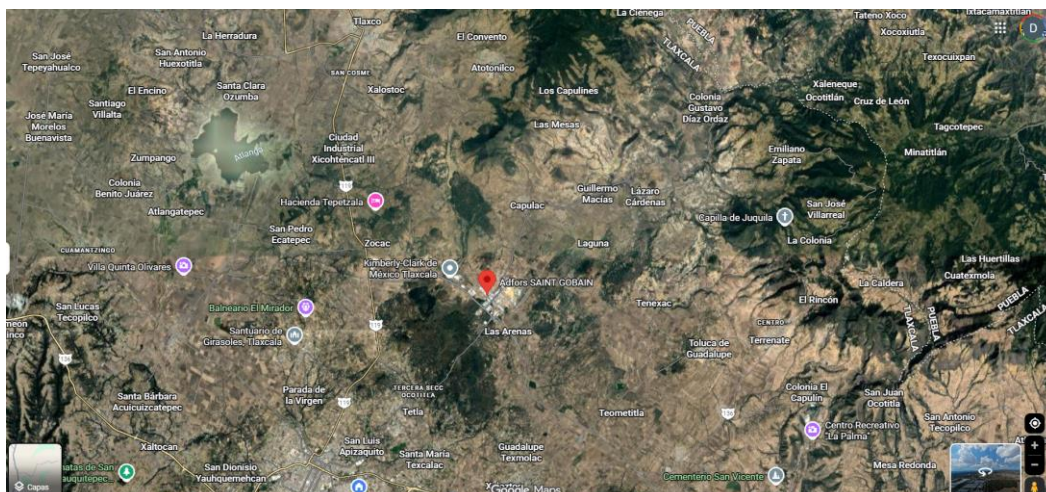


Ilustración 7 Norte del estado de Tlaxcala



Ilustración 8 Micro localización de la empresa Adfors SGA

5.10. Área de desarrollo del proyecto.

El departamento de desarrollo en Saint-Gobain ADFORS es un componente estratégico clave que impulsa la innovación y la competitividad de la empresa. Este departamento se encarga de investigar, diseñar y mejorar productos en colaboración directa con los clientes, mediante un enfoque de co-desarrollo. Esto permite adaptar las soluciones a las necesidades específicas de cada proyecto, garantizando funcionalidad, durabilidad y eficiencia.

La estructura del departamento de desarrollo es multidisciplinaria, integrando ingeniería, marketing y producción. Esta colaboración interna asegura que los productos no solo sean técnicamente viables, sino también comercialmente exitosos. Además, el departamento de desarrollo trabaja con metodologías ágiles que permiten acelerar el lanzamiento de nuevas

soluciones al mercado, manteniendo a ADFORS como referente en innovación dentro de su industria.

El departamento de desarrollo está relacionado con el ciclo de vida del producto. Sus principales características son:

- **Co-desarrollo con clientes:** ADFORS trabaja estrechamente con sus clientes desde la etapa inicial de diseño hasta el soporte post-venta, asegurando que las soluciones se adapten perfectamente a sus necesidades
- **Innovación tecnológica:** Utiliza su experiencia en fibra de vidrio (a través de Vetrotex) y en técnicas como tejido, tricotado, laminado y revestimiento para crear productos de alto rendimiento.
- **Control de calidad en cada etapa:** Desde la fabricación hasta la entrega, se asegura que los productos cumplan con los estándares.
- **Agilidad en el desarrollo:** La empresa se esfuerza por ser la primera en introducir nuevas soluciones al mercado, lo que la convierte en un referente de innovación
- **Aplicaciones diversas:** Los desarrollos abarcan desde refuerzos estructurales para construcción hasta soluciones especializadas para la industria automotriz y de alta temperatura.

6. Problemas por resolver.

En el proceso de recubrimiento de hilo en la línea N.º 3 de la planta Adfors Saint-Gobain, se ha identificado una problemática recurrente durante la etapa de embobinado, específicamente en el arranque de los winders. Actualmente, no existe un parámetro definido para las rampas de aceleración, lo que genera una falta de sincronización entre los equipos al inicio de cada bobina. Esta descoordinación provoca enredos de hilo, exceso de material, paros no programados y una considerable generación de scrap, afectando directamente la calidad del producto y la eficiencia operativa.

Durante el análisis del proceso, se han identificado diversos problemas que afectan la estabilidad del sistema. El principal es la falta de sincronización entre los winders al momento del arranque, lo cual genera enredos de hilo, scrap y paros no programados. Esta situación se agrava por la ausencia de parámetros definidos para las rampas de aceleración, lo que provoca

variabilidad en el comportamiento del sistema y dificulta la estandarización del proceso. Como consecuencia, se observa una calidad deficiente del hilo en los primeros 500 metros, especialmente en la variación del TEX, lo que compromete el cumplimiento de las especificaciones técnicas del producto.

Además, el arranque de los winders requiere intervenciones manuales frecuentes, lo que no solo reduce la confiabilidad del sistema automatizado, sino que también representa un riesgo físico para el operador al subir la posición de forma manual. Esta actividad incrementa la probabilidad de accidentes laborales y afecta la seguridad en el área de trabajo. Por otro lado, estas deficiencias operativas generan desviaciones en los indicadores clave de desempeño (KPIs), como la eficiencia de línea, el tiempo de arranque y la calidad del hilo, dificultando la toma de decisiones basada en datos confiables.

Finalmente, se ha observado una falta de documentación técnica actualizada sobre los parámetros de aceleración, así como una comunicación insuficiente entre las áreas involucradas, lo que limita la transferencia de conocimiento y puede generar resistencia al cambio. En conjunto, estos problemas justifican la necesidad de implementar un proyecto de estandarización que permita mejorar la estabilidad del proceso, reducir el desperdicio y aumentar la eficiencia operativa de manera sostenible.

7. Objetivos (general y específicos).

7.1. Objetivo general: Establecer el parámetro de tiempo para la aceleración de todas las posiciones de la línea 3 de recubrimiento para homogenizar la operación y la calidad del hilo desde el inicio de la bobina.

7.2. Objetivos específicos:

1. Mejorar la calidad del hilo en los primeros 300 metros (TEX)
2. Incrementar la eficiencia de la línea mejorando el arranque.
3. Reducir el nivel de riesgo que representa la actividad al subir la posición (Arranque de posiciones).

8. Justificación.

El presente proyecto surge a partir de la identificación de un área de oportunidad en el proceso de recubrimiento, específicamente en la zona de Winders durante el embobinado. Se ha detectado que no existe un parámetro de tiempo definido para las rampas de aceleración, lo que provoca una falta de sincronización en el arranque entre los winders. Esta descoordinación genera un exceso de material al momento de transferir el hilo de la perilla a la bobina, ocasionando enredos en el capstan, paros no programados y una disminución en la eficiencia operativa.

Este problema no solo representa un impacto económico por generación de scrap, sino que también afecta negativamente la calidad del producto, incrementa la frecuencia de paros por ajustes manuales y reduce la confiabilidad del sistema. Además, interfiere con el ritmo de producción, generando desviaciones en los indicadores clave de desempeño.

Por lo tanto, este proyecto propone realizar un análisis técnico para diseñar e implementar una estrategia de sincronización entre las rampas de velocidad y los winders. El objetivo es mejorar la estabilidad del proceso, reducir la cantidad de scrap y aumentar la eficiencia de la operación, contribuyendo así a la mejora continua del sistema productivo.

9. Marco teórico (fundamentos teóricos).

9.1. Manufactura

La manufactura es el proceso de transformación de materias primas en productos terminados mediante el uso de herramientas, maquinaria, energía y trabajo humano. Este proceso puede realizarse de forma artesanal o industrial, dependiendo del volumen de producción y el nivel de tecnología involucrado (Equipo editorial Etecé, 2023).

Existen diversos tipos de manufactura, cada uno adaptado a las necesidades de producción:

- La manufactura artesanal se caracteriza por la elaboración manual de productos, generalmente en pequeñas cantidades y con un alto grado de personalización.

- La manufactura industrial implica el uso de maquinaria y procesos automatizados para producir en masa, optimizando tiempo y costos.
- La manufactura por lotes permite fabricar cantidades específicas de productos en ciclos definidos.
- La manufactura continua se utiliza en procesos que no pueden detenerse, como la producción de papel o químicos.
- La manufactura flexible se adapta rápidamente a cambios en el diseño o volumen de producción, gracias a sistemas automatizados (De Ceupe, 2022b).

9.2. Manufactura industrial

La manufactura industrial constituye uno de los pilares de la economía global, ya que permite transformar materias primas en productos terminados que satisfacen necesidades de consumo y producción. Este proceso no solo agrega valor a los recursos naturales, sino que también impulsa la competitividad y el crecimiento económico de los países (Alex, 2025).

La manufactura industrial se define como la transformación sistemática de insumos en bienes finales mediante el uso de maquinaria, herramientas y procesos automatizados. Entre los principales procesos se encuentran el conformado, el maquinado, la unión y los procesos químicos, que permiten adaptar la producción a sectores como la automotriz, electrónica, textil y alimentaria (Fernandez, 2025).

La manufactura ha evolucionado desde los talleres artesanales hasta la Industria 4.0, caracterizada por la integración de tecnologías digitales como la inteligencia artificial, el Internet de las Cosas (IoT) y la robótica colaborativa. Este cambio ha permitido una mayor eficiencia, personalización y reducción de costos, transformando la manera en que las empresas producen y distribuyen bienes (Alex, 2025).

Los principales desafíos de la manufactura industrial incluyen la necesidad de mantener la competitividad global, reducir costos, mejorar la calidad y adaptarse a las exigencias de sostenibilidad. Asimismo, la automatización y la resiliencia frente a interrupciones en las cadenas de suministro se han convertido en factores clave para garantizar la continuidad de las operaciones (Fernandez, 2025).

Las tendencias más relevantes en la manufactura industrial son el uso de inteligencia artificial para optimizar procesos, la implementación de gemelos digitales, la expansión de la manufactura aditiva (impresión 3D) y un mayor enfoque en la economía circular. Estas innovaciones buscan mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental de la producción (Servín, 2025).

La manufactura industrial es un sector dinámico que ha pasado de procesos manuales a sistemas altamente automatizados y conectados. Su futuro está marcado por la digitalización, la sostenibilidad y la innovación tecnológica, lo que la convierte en un campo estratégico para el desarrollo económico y social (Servín, 2025).

9.3. Manufactura de clase mundial

La manufactura de clase mundial (World Class Manufacturing, WCM) se entiende como un modelo integral de gestión que busca optimizar la calidad, la productividad y la competitividad de las organizaciones mediante la mejora continua y la innovación tecnológica. Este enfoque, originado en Japón y difundido posteriormente en industrias como la automotriz y la electrónica, se fundamenta en principios como la reducción sistemática de desperdicios, la optimización de procesos y la orientación hacia la satisfacción del cliente (Management Study Guide, 2025).

La WCM integra metodologías como Lean Manufacturing y Total Quality Management (TQM), que permiten alcanzar estándares internacionales de desempeño. Estas prácticas se enfocan en garantizar cero defectos, mejorar el flujo de producción y responder con flexibilidad a las variaciones en la demanda. Los pilares de la manufactura de clase mundial incluyen la seguridad, el control de costos, la mejora enfocada y la gestión autónoma, todos ellos orientados a lograr operaciones más eficientes y sostenibles. (Miranda Da Silva, s.f.)

La manufactura de clase mundial no se limita a la aplicación de herramientas técnicas, sino que requiere un cambio cultural profundo dentro de las organizaciones. La participación activa de todos los niveles jerárquicos es indispensable para sostener la mejora continua y garantizar resultados duraderos. Además, este modelo fomenta la innovación tecnológica, la digitalización y la automatización como pilares para incrementar la productividad y la competitividad internacional. (Schonberger, s.f.)

Los beneficios de la manufactura de clase mundial incluyen:

- La reducción de costos operativos
- El incremento en la productividad
- La mejora en la calidad del producto
- La consolidación de la competitividad internacional.

Sin embargo, su implementación enfrenta retos como la resistencia al cambio, la necesidad de inversión en tecnología y capacitación, y la dificultad de adaptar la cultura organizacional a un modelo de mejora continua (Management Study Guide, 2025).

9.4. Eficiencia operativa

La eficiencia operativa se refiere a la capacidad de una organización para optimizar sus recursos, procesos y actividades con el fin de producir bienes o servicios de manera más rentable, rápida y con menor desperdicio. No se trata únicamente de reducir costos, sino de lograr un equilibrio entre productividad, calidad y sostenibilidad (IBM, 2024). En términos prácticos, una empresa eficiente convierte insumos en resultados con el menor gasto posible de tiempo, dinero y esfuerzo.

La eficiencia operativa es un pilar de la competitividad empresarial. En mercados globalizados, las compañías que logran altos niveles de eficiencia pueden ofrecer precios más bajos, responder más rápido a cambios en la demanda y mantener estándares de calidad superiores. Además, la eficiencia operativa está directamente vinculada con la rentabilidad y la capacidad de innovación, ya que libera recursos que pueden destinarse a investigación y desarrollo (OBS Business School, s.f.).

Los principales factores que determinan la eficiencia operativa incluyen:

- **Gestión de procesos internos:** eliminar redundancias, mejorar flujos de trabajo y estandarizar operaciones.
- **Tecnología y digitalización:** uso de herramientas como inteligencia artificial, automatización y análisis de datos para optimizar decisiones.
- **Capital humano:** capacitación continua y motivación del personal para reducir errores y aumentar productividad.

- **Gestión de costos y recursos:** reducción de desperdicios y maximización del valor agregado.
- **Cultura organizacional:** fomentar la mejora continua y la innovación como parte del ADN empresarial (Itcons, 2025).

La eficiencia operativa tiene un impacto directo en la competitividad. Una organización eficiente puede adaptarse mejor a cambios del entorno, responder con rapidez a crisis y mantener relaciones sólidas con clientes y proveedores. Además, la eficiencia contribuye a la sostenibilidad, ya que reduce el consumo de recursos y la generación de residuos, alineándose con las demandas actuales de responsabilidad social y ambiental (IBM, 2024).

Las empresas implementan diversas estrategias para incrementar su eficiencia:

- **Lean management:** metodología que busca eliminar desperdicios y enfocarse en actividades que generan valor.
- **Benchmarking:** comparación con líderes del sector para identificar oportunidades de mejora.
- **Automatización de procesos:** integración de software y maquinaria inteligente para reducir tiempos y errores.
- **Gestión integrada:** alineación de objetivos estratégicos con la operación diaria mediante sistemas de gestión empresarial.
- **Transformación digital:** uso de plataformas digitales para mejorar la trazabilidad y el control de procesos (OBS Business School, s.f.).

Una gestión enfocada en eficiencia operativa ofrece beneficios como:

- Reducción de costos operativos.
- Incremento de la productividad.
- Mayor satisfacción del cliente.
- Sostenibilidad a largo plazo.
- Capacidad de innovación y adaptación en mercados cambiantes. Estos beneficios consolidan la posición de la empresa en su sector y le permiten crecer de manera sostenible (Itcons, 2025).

9.5. Cronometraje

El cronometraje es una técnica de estudio de tiempos que consiste en medir, registrar y analizar la duración de las actividades que conforman un proceso productivo. Su finalidad es establecer un tiempo estándar que permita planificar, controlar y mejorar la producción. Este tiempo estándar considera factores como el ritmo de trabajo, la fatiga, las pausas inevitables y las tolerancias necesarias para que la tarea se realice en condiciones normales (Ingeniería Industrial Online, 2019).

El cronometraje es una herramienta clave en la ingeniería industrial y en la gestión de operaciones, ya que:

- Permite identificar cuellos de botella en la producción.
- Ayuda a calcular costos de mano de obra con mayor precisión.
- Facilita la programación de la producción y la asignación de recursos.
- Sirve para evaluar el desempeño de los trabajadores y diseñar sistemas de incentivos.
- Contribuye a la mejora continua, al detectar variaciones y proponer ajustes en métodos de trabajo (Escalante & González, s.f.).

En industrias como la automotriz, la aeroespacial y la manufactura de bienes de consumo, el cronometraje es esencial para mantener la competitividad y cumplir con estándares internacionales de calidad.

El proceso de cronometraje incluye varias etapas:

1. **Selección de la operación a estudiar:** Se identifica la tarea o proceso que requiere análisis. Generalmente se eligen operaciones críticas para la productividad, aquellas que presentan cuellos de botella o que tienen un impacto directo en los costos de producción. La selección debe ser estratégica, considerando la relevancia de la operación dentro del flujo de trabajo global (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2013).
2. **Definición del objetivo del estudio:** Antes de iniciar el cronometraje, se establece con claridad el propósito del análisis. Este puede ser reducir tiempos improductivos, mejorar métodos de trabajo, calcular costos estándar, o establecer parámetros de

referencia para la planeación de la producción. Definir el objetivo asegura que los resultados sean útiles y aplicables (Tecnológico Nacional de México, s.f.).

3. **Selección del trabajador representativo:** Se escoge un operario que represente el desempeño promedio de la fuerza laboral. No debe ser ni el más rápido ni el más lento, sino alguien con experiencia suficiente para ejecutar la tarea de manera estándar. Esto garantiza que los tiempos obtenidos reflejen condiciones reales y no excepcionales (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2013).
4. **Registro de las condiciones de trabajo:** Se documentan las herramientas, materiales, entorno físico y métodos utilizados durante la operación. Este registro es fundamental para asegurar que el estudio sea válido y repetible, ya que cualquier cambio en las condiciones podría alterar los resultados. También se incluyen factores como iluminación, ergonomía y disponibilidad de recursos (Tecnológico Nacional de México, s.f.).
5. **Descomposición de la operación en elementos:** La tarea se divide en movimientos o etapas más pequeñas y medibles. Cada elemento debe ser claramente identificable y tener un inicio y fin definidos. Esta descomposición facilita el cronometraje y permite analizar con mayor detalle qué partes del proceso son más eficientes y cuáles requieren mejora (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2013).
6. **Medición de los tiempos con cronómetro o software:** Se registran los tiempos de ejecución de cada elemento utilizando técnicas como cronometraje continuo, vuelta a cero o acumulativo. La elección de la técnica depende de la naturaleza de la operación y del nivel de precisión requerido. El objetivo es obtener datos confiables que reflejen la realidad del proceso (Tecnológico Nacional de México, s.f.).
7. **Registro sistemático de los datos observados:** Los tiempos se anotan en hojas de estudio o formatos especializados, junto con observaciones sobre pausas, errores o variaciones. Este registro constituye la base para el análisis posterior y debe ser lo más detallado posible para evitar interpretaciones erróneas (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2013).

8. **Evaluación del ritmo del operario (factor de valoración):** Se ajustan los tiempos observados considerando si el trabajador ejecutó la tarea más rápido o más lento que el ritmo normal esperado. Este factor de valoración permite normalizar los datos y obtener un tiempo representativo del desempeño estándar (Tecnológico Nacional de México, s.f.).
9. **Cálculo del tiempo normal y tiempo estándar:** El tiempo normal se obtiene multiplicando el tiempo observado por el factor de valoración. Posteriormente, se añaden tolerancias por fatiga, retrasos inevitables y necesidades personales, lo que da como resultado el tiempo estándar. Este valor es el que se utiliza para planificar la producción y establecer metas de productividad (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2013).
10. **Documentación y aplicación de resultados:** Finalmente, se presentan los tiempos estándar obtenidos y se utilizan para planificar la producción, calcular costos, capacitar al personal y proponer mejoras en los métodos de trabajo. La documentación debe ser clara y accesible para que pueda servir como referencia en futuras evaluaciones y auditorías (Tecnológico Nacional de México, s.f.).

El cronometraje se aplica en múltiples áreas:

- Manufactura: establecer tiempos estándar en líneas de producción.
- Servicios: medir tiempos de atención al cliente o procesos administrativos.
- Logística: optimizar operaciones de carga y descarga.
- Construcción: calcular tiempos de actividades repetitivas como colocación de materiales.
- Procesos digitales: medir tiempos de respuesta en sistemas informáticos y soporte técnico (Cronometras.com, s.f.).

Técnicas de cronometraje

El estudio de tiempos constituye una herramienta fundamental en la ingeniería industrial, ya que permite medir con precisión el tiempo real que un trabajador emplea en la ejecución de una tarea específica, con el propósito de analizar su rendimiento, identificar áreas de mejora y optimizar la eficiencia operativa.

Entre las principales técnicas de cronometraje se encuentran el cronometraje continuo, el cronometraje vuelta a cero y el cronometraje de tiempo estándar, cada una con ventajas particulares para el análisis de procesos.

1. Cronometraje continuo: En esta técnica, el cronómetro se activa al inicio de la tarea y no se detiene hasta finalizar todo el proceso. Se registra el tiempo de cada sección a medida que se completa, sin reiniciar el cronómetro.

Ventajas:

- Ideal para tareas de corta duración
- Permite observar el flujo completo del proceso
- Útil para detectar secuencias críticas o retrasos

2. Cronometraje vuelta a cero: Aquí, el cronómetro se reinicia en cada sección o elemento de la tarea. Se mide de forma individual el tiempo de cada etapa.

Ventajas:

- Mayor precisión por sección
- Fácil de aplicar
- Permite comparar directamente cada parte del proceso

3. Cronometraje de tiempo estándar: Este método busca establecer un tiempo normalizado para la ejecución de una tarea. El operario realiza el proceso a un ritmo habitual, mientras se registra el tiempo total o parcial.

Ventajas:

- Permite fijar metas realistas de productividad
- Facilita la comparación entre desempeño real y estándar
- Apoya la mejora continua, calidad y eficiencia

La correcta aplicación de estas técnicas facilita la identificación de desperdicios, la mejora de la calidad y la planificación eficiente de recursos humanos y materiales, convirtiéndose en un elemento clave para la gestión operativa y la productividad (Morales Hernández, 2025).

Un cronometraje bien aplicado tiene un impacto directo en la eficiencia operativa y en los costos de producción. Al establecer tiempos estándar, las empresas pueden:

- Reducir desperdicios.
- Mejorar la utilización de recursos.
- Aumentar la productividad.
- Implementar sistemas de incentivos que motiven a los trabajadores.
- Incrementar la competitividad en mercados globales (Escalante & González, s.f.).

En términos económicos, el cronometraje permite calcular con precisión los costos de mano de obra y facilita la toma de decisiones estratégicas.

Aunque el cronometraje es una herramienta poderosa, presenta limitaciones:

- Puede generar resistencia en los trabajadores si se percibe como un mecanismo de control excesivo.
- Requiere condiciones estables de operación para obtener resultados confiables.
- No siempre refleja la variabilidad real de los procesos, especialmente en tareas no repetitivas. Por ello, se recomienda complementarlo con técnicas como el muestreo del trabajo y el análisis de métodos (Escalante & González, s.f.).

Actualmente, el cronometraje se apoya en tecnologías digitales:

- Software de captura de tiempos, que automatiza el registro y análisis.
- Sensores IoT, que permiten medir tiempos de operación en máquinas y procesos en tiempo real.
- Inteligencia artificial, aplicada para detectar patrones de desempeño y proponer mejoras.
- Realidad aumentada, utilizada en capacitación para simular procesos y medir tiempos de ejecución (Cronometras.com, s.f.).

9.6. Lean manufacturing

El Lean Manufacturing, también llamado producción ajustada, es un sistema de gestión que tiene como objetivo reducir desperdicios (muda), variabilidad (mura) y sobrecarga (muri) para lograr procesos más eficientes y flexibles. Su origen se encuentra en el Sistema de Producción

de Toyota (TPS), desarrollado por Taiichi Ohno en Japón durante la segunda mitad del siglo XX, y posteriormente difundido globalmente como un modelo de excelencia operativa (EuropeanScrum, 2024).

Lean Manufacturing se basa en cinco principios clave:

1. Definir el valor desde la perspectiva del cliente.
2. Mapear la cadena de valor para identificar desperdicios.
3. Crear flujo continuo en los procesos.
4. Establecer un sistema pull, produciendo solo lo que se necesita.
5. Buscar la perfección mediante mejora continua (Lean Construction México, 2024).

Lean Manufacturing utiliza diversas herramientas para implementar sus principios:

- **5S:** orden y limpieza en el lugar de trabajo.
- **Kanban:** sistema visual para controlar el flujo de producción.
- **SMED:** reducción de tiempos de cambio de máquina.
- **Poka-yoke:** mecanismos a prueba de errores.
- **Value Stream Mapping (VSM):** análisis de la cadena de valor para detectar desperdicios.
- **Kaizen:** mejora continua mediante pequeños cambios incrementales (Lean Construction México, 2024).

La aplicación de Lean Manufacturing genera beneficios como:

- Reducción de costos al eliminar desperdicios.
- Mejora de la calidad al incorporar sistemas de control en cada etapa.
- Mayor flexibilidad para adaptarse a cambios en la demanda.
- Incremento de la satisfacción del cliente gracias a entregas más rápidas y confiables.

Más allá de las herramientas, Lean Manufacturing implica una transformación cultural dentro de la organización. Se busca que todos los empleados participen en la mejora continua, fomentando la disciplina, la colaboración y el compromiso con la calidad. La filosofía Lean no se limita a la manufactura, sino que se aplica también en servicios, salud, construcción y educación, adaptando sus principios a procesos no industriales (EuropeanScrum, 2024).

En el contexto de la Industria 4.0, Lean Manufacturing se complementa con tecnologías digitales como IoT, inteligencia artificial y análisis de datos. Estas herramientas permiten monitorear procesos en tiempo real, reducir variabilidad y mejorar la toma de decisiones, potenciando la filosofía Lean hacia un modelo de Lean Digital (Lean Construction México, 2024).

9.7. Círculo de Deming

El Círculo de Deming surge en el contexto de la posguerra, cuando Japón buscaba reconstruir su industria y mejorar la calidad de sus productos. W. Edwards Deming, estadístico estadounidense, introdujo principios de control estadístico de calidad y el ciclo PDCA como una herramienta para la mejora continua. Su influencia fue decisiva en el desarrollo del modelo japonés de calidad total, que posteriormente se expandió a nivel mundial (ESIC, 2025).

El ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) es un modelo iterativo de gestión que busca la mejora constante de procesos. Se fundamenta en la idea de que todo sistema puede perfeccionarse mediante un proceso estructurado de planificación, ejecución, verificación y ajuste. Deming también propuso la variante PDSA (Plan, Do, Study, Act), que enfatiza el aprendizaje derivado de la verificación de resultados, reforzando la cultura organizacional de aprendizaje continuo (Deming Institute, 2025).

Etapas del Ciclo:

- Planificar (Plan): Identificación de problemas, establecimiento de objetivos y diseño de estrategias.
- Hacer (Do): Implementación de las acciones planificadas en pequeña escala para reducir riesgos.
- Verificar (Check): Evaluación de los resultados obtenidos frente a los objetivos establecidos.
- Actuar (Act): Estandarización de las mejoras o ajustes necesarios para reiniciar el ciclo.

Este proceso iterativo permite que las organizaciones se adapten de manera flexible a cambios internos y externos (UNIR, 2025).

El Círculo de Deming es considerado un pilar de los sistemas de gestión de calidad. Su aplicación favorece la resolución sistemática de problemas, fomenta la innovación y mejora la

eficiencia organizacional. Además, se integra en normas internacionales como la ISO 9001, que promueve la mejora continua en procesos empresariales (ISO, 2025).

Aplicaciones en Diferentes Sectores

- Industria manufacturera: Optimización de procesos productivos y reducción de defectos.
- Educación: Evaluación y ajuste de metodologías pedagógicas para mejorar el aprendizaje.
- Servicios: Mejora en la atención al cliente y procesos administrativos.
- Salud: Implementación de protocolos de calidad en hospitales y clínicas.

La versatilidad del ciclo PDCA lo convierte en un modelo universal para la gestión de calidad en cualquier sector (ESIC, 2025).

En la actualidad, el Círculo de Deming sigue siendo una herramienta clave en la gestión organizacional. Su enfoque iterativo se adapta perfectamente a entornos dinámicos y competitivos, donde la innovación y la mejora continua son esenciales para la sostenibilidad empresarial (Deming Institute, 2025).

10. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

El presente proyecto se desarrollará tomando como base el Círculo de Deming, una metodología de mejora continua que permitirá planificar, ejecutar, verificar y actuar de manera sistemática. Este enfoque garantiza que cada etapa del trabajo se realice con orden y control, favoreciendo la eficiencia y la calidad en los resultados.

10.1. Planear

Planteamiento del problema: Se identificó la falta de un parámetro de aceleración en las rampas de aceleración ya que el comportamiento del hilo durante el proceso de embobinado generaba pérdida de calidad y necesitaba operación manual por enredos de hilo al arranque de la bobina.

Cronograma Gantt: Se elaboró un cronograma detallado que incluye las fases del proyecto y tiempos estimados que tomara cada actividad a realizar. (Tabla 1)

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO																
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA																
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL																
SEGUIMIENTO DE PROYECTO DE RESIDENCIAS PROFESIONALES																
ESTUDIANTE: DAVID RAMOS RAMOS										No. DE CONTROL: C20370968						
NOMBRE DEL PROYECTO: ESTANDARIZACIÓN DE RAMPAS DE VELOCIDAD EN LÍNEAS DE RECUBRIMIENTO																
EMPRESA: SAINT GOBAIN AMERICA																
ASESOR EXTERNO: ING. EDWIN CERVANTES FRANCO										ASESOR INTERNO: MTRO. PLUTARCO SANCHEZ DE GANTE						
PERIODO DE REALIZACIÓN: 29 DE JULIO DE 2025 AL 16 DE DICIEMBRE DEL 2025																

Tabla 1 Diagrama de Gantt del proyecto Estandarización de rampas de aceleración en línea 3 de recubrimiento

Difusiones: Se realizaron sesiones informativas con los departamentos involucrados para comunicar acerca de los objetivos, alcances y beneficios esperados del proyecto.

Lanzamiento del plan de prueba PDP: Se inició formalmente el primer plan de pruebas, realizado con los parámetros técnicos establecidos, criterios de evaluación y recursos asignados, esto con el objetivo de conocer las condiciones reales en las que se encontraba la línea 3 de recubrimiento y saber que recomendaciones se podrían dar más adelante.

10.2. Hacer

Barrido de tiempos dentro de la Línea 3: Se realizó un levantamiento de datos de la línea con el objetivo de conocer cómo se encontraba la línea, la recolección de datos se realizó en días distintos, abarcando tanto el turno matutino como el vespertino. Esta estrategia permitió obtener una muestra representativa de las condiciones reales de operación, considerando las variaciones inherentes al personal y al entorno de trabajo, para así poder determinar ajustes progresivos en la Línea 3 y así definir una configuración óptima de velocidad y aceleración para todas las posiciones.

Barrido de Cambio de cono hasta que suben posición: En la tabla 2 se muestra el tiempo en segundos del cronometraje continuo que se realizó del tiempo que tarda un operador en cambiar de cono cuando muda una bobina, cuando llega a ser necesario el cambio porque la posición se detuvo por un enredo o cuando se tuvo una ruptura de hilo recubierto. Iniciando el cronometraje desde que el operador presiona el botón para apagar la winder y parando el cronometro hasta que el operador sube el hilo de la perilla al cono.

Esto con el objetivo de conocer el tiempo de restablecimiento de una Winder, desde el momento en que se detiene hasta que se restablece la posición. El barrido se llevó a cabo en el 100% de las Winder de la Línea 3, recolectando información en distintos días y con operadores de manera aleatoria.

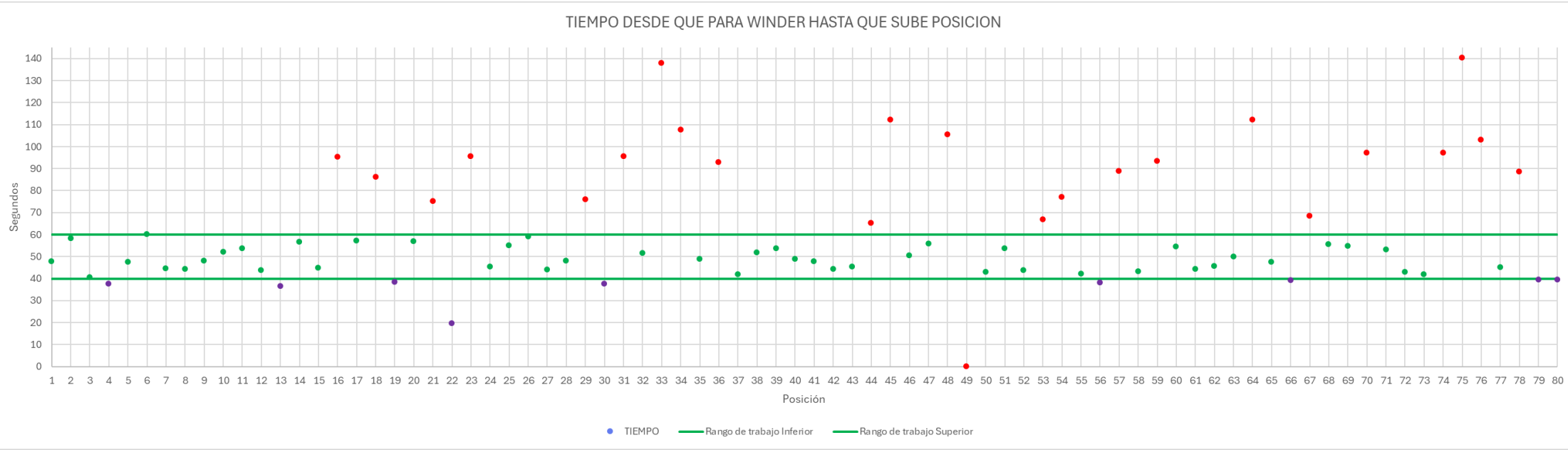
Cabe mencionar que hay algunas posiciones que presentan un segundo intento al subir la posición, esto debido a que la posición arranco muy rápido lo que provoco ruptura de hilo o enredos en el capstan, haciendo necesaria una intervención del operador para poder restablecer la posición, por otro lado, el tiempo que tarda en mudar una bobina es de entre 3 y 4 horas, lo que limita en gran parte la toma de tiempos.

Linea Producto Velocidad	Barrido de velocidad y rampa de aceleración.									
	3 GRY STD 320 m/min +-5									
	BARRIDO 1									
POSICIÓN	Tiempo para subir posición (segundos)	Segundo intento	Suma por posicion	Estado de la posicion	POSICIÓN	Tiempo para subir posición (segundos)	Segundo intento	Suma por posicion	Estado de la posicion	
1	47.73		47.73	Tiempo prom	41	47.82		47.82	Tiempo prom	
2	21.38	36.91	58.29	Tiempo prom	42	44.42		44.42	Tiempo prom	
3	40.51		40.51	Tiempo prom	43	45.43		45.43	Tiempo prom	
4	37.73		37.73	Retrabajo o enredo	44	65.33		65.33	Retrabajo o enredo	
5	47.56		47.56	Tiempo prom	45	59.91	52.33	112.24	Retrabajo o enredo	
6	60.12		60.12	Retrabajo o enredo	46	50.45		50.45	Tiempo prom	
7	44.51		44.51	Tiempo prom	47	55.74		55.74	Tiempo prom	
8	44.26		44.26	Tiempo prom	48	60.47	45.14	105.61	Retrabajo o enredo	
9	48.15		48.15	Tiempo prom	49	0		0	Falta medir	
10	52.14		52.14	Tiempo prom	50	43.1		43.1	Tiempo prom	
11	53.61		53.61	Tiempo prom	51	53.58		53.58	Tiempo prom	
12	43.82		43.82	Tiempo prom	52	43.86		43.86	Tiempo prom	
13	36.48		36.48	Retrabajo o enredo	53	66.81		66.81	Retrabajo o enredo	
14	56.76		56.76	Tiempo prom	54	37.22	39.73	76.95	Retrabajo o enredo	
15	44.92		44.92	Tiempo prom	55	42.24		42.24	Tiempo prom	
16	50.66	44.63	95.29	Retrabajo o enredo	56	38.06		38.06	Retrabajo o enredo	
17	57.16		57.16	Tiempo prom	57	40.98	47.98	88.96	Retrabajo o enredo	
18	42.86	43.34	86.2	Retrabajo o enredo	58	43.21		43.21	Tiempo prom	
19	38.4		38.4	Retrabajo o enredo	59	31.43	61.89	93.32	Retrabajo o enredo	
20	57.04		57.04	Tiempo prom	60	54.42		54.42	Tiempo prom	
21	45.23	29.97	75.2	Retrabajo o enredo	61	44.43		44.43	Tiempo prom	
22	19.63		19.63	Retrabajo o enredo	62	45.76		45.76	Tiempo prom	
23	53.42	42.2	95.62	Retrabajo o enredo	63	49.83		49.83	Tiempo prom	
24	45.27		45.27	Tiempo prom	64	66.76	45.37	112.13	Retrabajo o enredo	
25	54.97		54.97	Tiempo prom	65	47.57		47.57	Tiempo prom	
26	59.2		59.2	Tiempo prom	66	39.15		39.15	Retrabajo o enredo	
27	43.94		43.94	Tiempo prom	67	68.33		68.33	Retrabajo o enredo	
28	47.95		47.95	Tiempo prom	68	55.55		55.55	Tiempo prom	
29	75.93		75.93	Retrabajo o enredo	69	54.64		54.64	Tiempo prom	
30	37.68		37.68	Retrabajo o enredo	70	57.98	39.07	97.05	Retrabajo o enredo	
31	43.72	51.91	95.63	Retrabajo o enredo	71	53.23		53.23	Tiempo prom	
32	51.65		51.65	Tiempo prom	72	42.98		42.98	Tiempo prom	
33	92.97	44.95	137.92	Retrabajo o enredo	73	41.86		41.86	Tiempo prom	
34	57.26	50.42	107.68	Retrabajo o enredo	74	44.81	52.4	97.21	Retrabajo o enredo	
35	48.77		48.77	Tiempo prom	75	76.69	63.6	140.29	Retrabajo o enredo	
36	46.74	46.05	92.79	Retrabajo o enredo	76	103.12		103.12	Retrabajo o enredo	
37	41.84		41.84	Tiempo prom	77	45.17		45.17	Tiempo prom	
38	51.78		51.78	Tiempo prom	78	40.97	47.55	88.52	Retrabajo o enredo	
39	53.78		53.78	Tiempo prom	79	39.53		39.53	Retrabajo o enredo	
40	48.76		48.76	Tiempo prom	80	39.36		39.36	Retrabajo o enredo	
PROMEDIO			58.42		PORCENTAJE DE POSICIONES EN TIEMPO PROM				31.25%	
TIEMPO MAX			92.97		PORCENTAJE DE POSICIONES CON RETRABAJO O ENREDO				18.75%	
TIEMPO MIN			19.63		PORCENTAJE DE POSICIONES QUE FALTA MEDIR O ESTAN FP				0.00%	
					PORCENTAJE DE POSICIONES EN PRODUC.				50.00%	

Tabla 2 Recolección de datos de tiempo de cambio de cono hasta subir posición

Los principales hallazgos se muestran dentro de la gráfica 1, los cuales fueron los siguientes:

- Se identificó a la posición 49 fuera de producción por falta de mantenimiento.
- El 57% de las posiciones representadas con los puntos verdes dentro de la gráfica, se restablecen dentro de un rango de 40 a 60 segundos.
- El 41% restante que está representado con puntos rojos y azules, opera fuera de ese rango, lo que implica un mayor esfuerzo para el restablecimiento. Esto se debe a desviaciones como: Enredos de hilo en el capstan o un mayor número de intentos para restablecer la posición.



Gráfica 1 Tiempo desde que para winder hasta que sube posición

Barrido de velocidad máxima por posición: Posterior al barrido de tiempos en que restablecen una posición, con ayuda de un tacómetro digital, se realizó un barrido de las velocidades máximas de cada posición representadas en la tabla 3, el cual se realizó al 100% de las posiciones dentro de la Línea 3 de Recubrimiento con el objetivo de analizar el comportamiento individual de cada winder y, posteriormente, medir su rampa de aceleración.

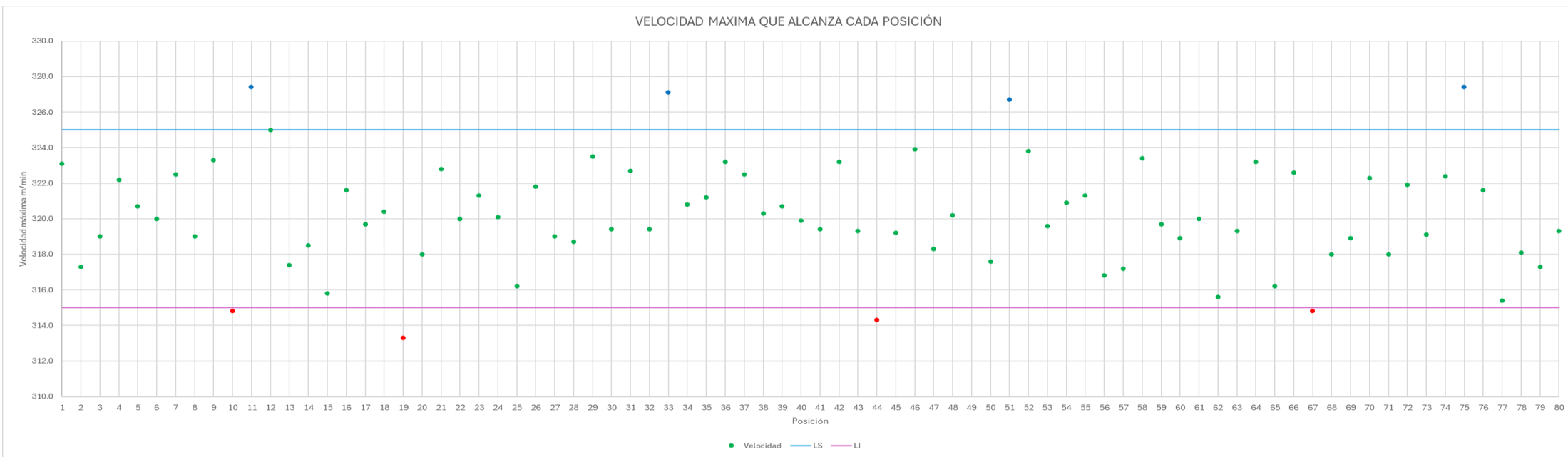
De acuerdo con la especificación del producto que se está procesando en la línea 3 de recubrimiento (Gry-Std), la velocidad óptima de operación establecida es de 320 m/min $\pm$ 5 m/min.

Linea Producto Velocidad	Barrido de velocidad y rampa de aceleración.								
	3								
	GRY STD 320 m/min +5								
BARRIDO 1									
POSICIÓN	Velocidad maxima m/min	LS	LI	Estado (en base a su velocidad maxima)	POSICIÓN	Velocidad maxima m/min	LS	LI	Estado (en base a su velocidad maxima)
1	323.1	325.0	315.0	Bajo Control	41	319.4	325.0	315.0	Bajo Control
2	317.3	325.0	315.0	Bajo Control	42	323.2	325.0	315.0	Bajo Control
3	319.0	325.0	315.0	Bajo Control	43	319.3	325.0	315.0	Bajo Control
4	322.2	325.0	315.0	Bajo Control	44	314.3	325.0	315.0	Fuera Esp
5	320.7	325.0	315.0	Bajo Control	45	319.2	325.0	315.0	Bajo Control
6	320.0	325.0	315.0	Bajo Control	46	323.9	325.0	315.0	Bajo Control
7	322.5	325.0	315.0	Bajo Control	47	318.3	325.0	315.0	Bajo Control
8	319.0	325.0	315.0	Bajo Control	48	320.2	325.0	315.0	Bajo Control
9	323.3	325.0	315.0	Bajo Control	49		325.0	315.0	Fuera Prod
10	314.8	325.0	315.0	Fuera Esp	50	317.6	325.0	315.0	Bajo Control
11	327.4	325.0	315.0	Fuera Esp	51	326.7	325.0	315.0	Fuera Esp
12	325.0	325.0	315.0	Bajo Control	52	323.8	325.0	315.0	Bajo Control
13	317.4	325.0	315.0	Bajo Control	53	319.6	325.0	315.0	Bajo Control
14	318.5	325.0	315.0	Bajo Control	54	320.9	325.0	315.0	Bajo Control
15	315.8	325.0	315.0	Bajo Control	55	321.3	325.0	315.0	Bajo Control
16	321.6	325.0	315.0	Bajo Control	56	316.8	325.0	315.0	Bajo Control
17	319.7	325.0	315.0	Bajo Control	57	317.2	325.0	315.0	Bajo Control
18	320.4	325.0	315.0	Bajo Control	58	323.4	325.0	315.0	Bajo Control
19	313.3	325.0	315.0	Fuera Esp	59	319.7	325.0	315.0	Bajo Control
20	318.0	325.0	315.0	Bajo Control	60	318.9	325.0	315.0	Bajo Control
21	322.8	325.0	315.0	Bajo Control	61	320.0	325.0	315.0	Bajo Control
22	320.0	325.0	315.0	Bajo Control	62	315.6	325.0	315.0	Bajo Control
23	321.3	325.0	315.0	Bajo Control	63	319.3	325.0	315.0	Bajo Control
24	320.1	325.0	315.0	Bajo Control	64	323.2	325.0	315.0	Bajo Control
25	316.2	325.0	315.0	Bajo Control	65	316.2	325.0	315.0	Bajo Control
26	321.8	325.0	315.0	Bajo Control	66	322.6	325.0	315.0	Bajo Control
27	319.0	325.0	315.0	Bajo Control	67	314.8	325.0	315.0	Fuera Esp
28	318.7	325.0	315.0	Bajo Control	68	318.0	325.0	315.0	Bajo Control
29	323.5	325.0	315.0	Bajo Control	69	318.9	325.0	315.0	Bajo Control
30	319.4	325.0	315.0	Bajo Control	70	322.3	325.0	315.0	Bajo Control
31	322.7	325.0	315.0	Bajo Control	71	318.0	325.0	315.0	Bajo Control
32	319.4	325.0	315.0	Bajo Control	72	321.9	325.0	315.0	Bajo Control
33	327.1	325.0	315.0	Fuera Esp	73	319.1	325.0	315.0	Bajo Control
34	320.8	325.0	315.0	Bajo Control	74	322.4	325.0	315.0	Bajo Control
35	321.2	325.0	315.0	Bajo Control	75	327.4	325.0	315.0	Fuera Esp
36	323.2	325.0	315.0	Bajo Control	76	321.6	325.0	315.0	Bajo Control
37	322.5	325.0	315.0	Bajo Control	77	315.4	325.0	315.0	Bajo Control
38	320.3	325.0	315.0	Bajo Control	78	318.1	325.0	315.0	Bajo Control
39	320.7	325.0	315.0	Bajo Control	79	317.3	325.0	315.0	Bajo Control
40	319.9	325.0	315.0	Bajo Control	80	319.3	325.0	315.0	Bajo Control
PROMEDIO	320.5				PORCENTAJE DE CAPSTAN FUERA DE CONTROL			5.00%	
VELOCIDAD MAX	327.4				PORCENTAJE DE CAPSTAN FUERA DE PRODUC.			0.00%	
VELOCIDAD MIN	313.3				PORCENTAJE DE CAPSTAN EN PRODUC.			95.00%	

Tabla 3 Recolección de velocidad máxima

Los resultados obtenidos de este análisis están representados en la gráfica 2, los cuales fueron los siguientes:

- Se identifico a la posición 49 fuera de producción por falta de mantenimiento.
- El 88.75% de las posiciones, las cuales están representadas con puntos verdes dentro de la gráfica, se encuentran dentro de los 320 m/min $\pm$ 5 m/min.
- El 10% restante, representado con puntos rojos y azules, se encuentran fuera del rango establecido.



Gráfica 2 Velocidad máxima que alcanza cada posición

Rampa de aceleración: Una vez teniendo la velocidad máxima de cada posición, en la tabla 4 se llevó a cabo un cronometraje del tiempo en segundos en que alcanza su velocidad máxima al 100 % de las posiciones correspondientes a la Línea 3 de recubrimiento, con el propósito de registrar el tiempo requerido para que cada posición alcanzara su velocidad máxima de operación.

Con el objetivo principal de identificar las rampas de aceleración individuales, con el fin de analizar el comportamiento de cada posición dentro del proceso. Esta información es clave para detectar posibles áreas de mejora en la eficiencia operativa y en la sincronización de los equipos involucrados.

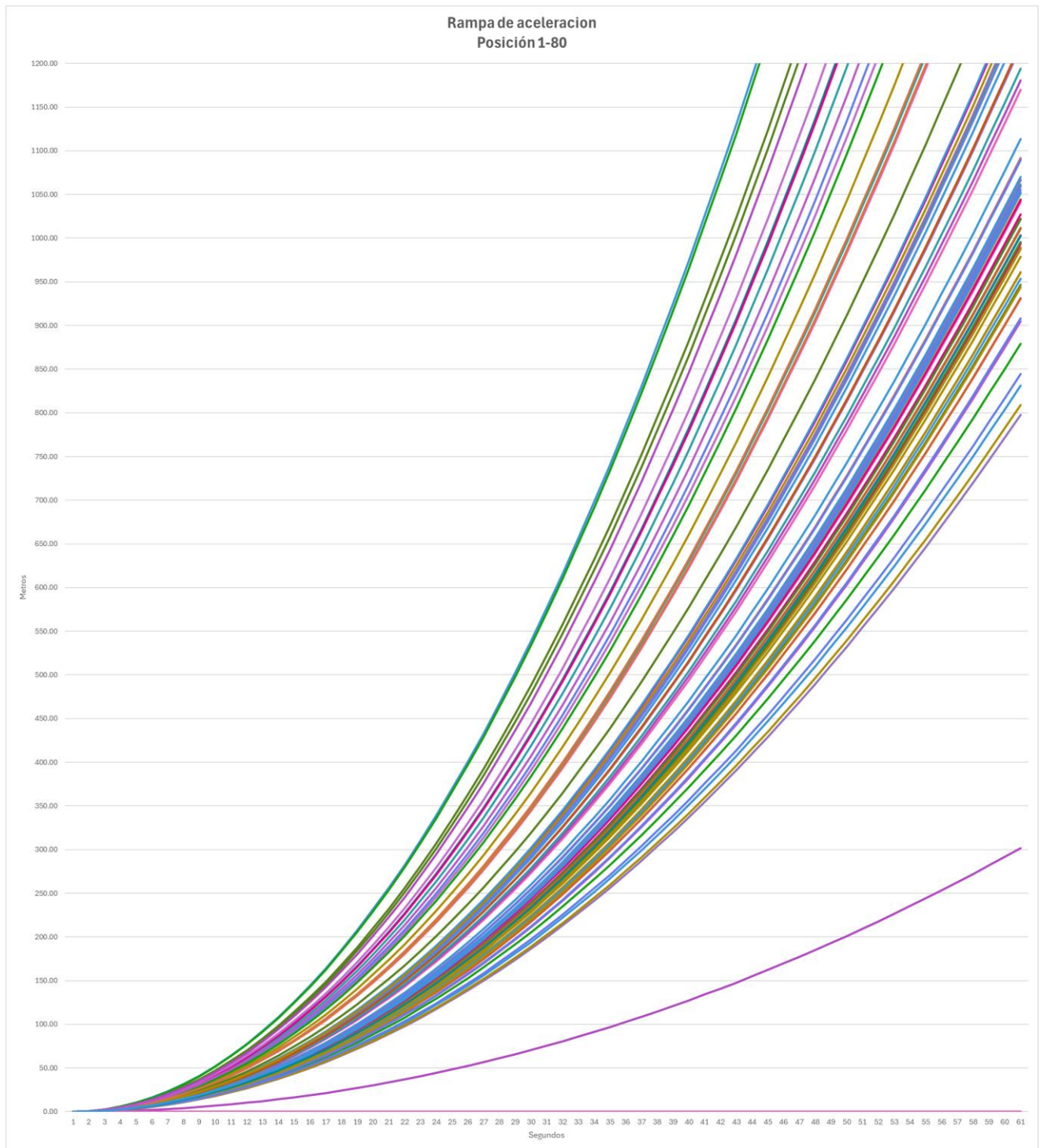
Se realizó un cronometraje continuo, el cual se inició en el momento que el operador enciende la winder y se detuvo cuando la posición alcanzaba su velocidad máxima la cual se tomó con anterioridad, esto con ayuda de un tacómetro, el cual se colocaba sobre el capstan para que a través de ahí se pudiera saber cuándo la posición alcanzara su velocidad máxima.

Cabe mencionar que hay posiciones en donde se midió dos veces su tiempo, esto debido a que presentaron una aceleración alta y hubo ruptura de hilo o enredos en el capstan, por lo que fue necesaria la intervención del operador, lo cual nos permitió obtener un segundo valor para conocer las condiciones en las que trabajaba la posición y no estar igual de limitados que la toma de tiempo para restablecer la winder, por otro lado, las posiciones 9 y 49 necesitaban mantenimiento por lo que dieron esos valores, además de que habían posiciones que no estaban trabajando.

Linea Producto Velocidad	Barrido de velocidad y rampa de aceleración. 3 GRY STD 320 m/min +5								
	BARRIDO 1								
POSICIÓN	Rampa 0-Velocidad máxima	Segundo intento	Total	Estado	POSICIÓN	Rampa 0-Velocidad máxima	Segundo intento	Total	Estado
1	18.37		18.37	Tiempo prom	41	20.58		20.58	Fuera de tiempo
2	14.77		14.77	Tiempo prom	42	19.18		19.18	Tiempo prom
3	18.04		18.04	Tiempo prom	43	21.09		21.09	Fuera de tiempo
4	15.86		15.86	Tiempo prom	44	18.98		18.98	Tiempo prom
5	15.23		15.23	Tiempo prom	45	10.68		10.68	Tiempo prom
6	12.84	10.26	23.10	Fuera de tiempo	46	15.36		15.36	Tiempo prom
7	17.74		17.74	Tiempo prom	47	11.62		11.62	Tiempo prom
8	20.22		20.22	Fuera de tiempo	48	8.33		8.33	Fuera de tiempo
9	49.78	14.56	64.34	Fuera de tiempo	49				Fuera de prod
10	19.30		33.86	Fuera de tiempo	50	18.64		18.64	Tiempo prom
11	12.56		12.56	Tiempo prom	51	7.86	8.74	16.60	Tiempo prom
12	18.41		18.41	Tiempo prom	52	24.02		24.02	Fuera de tiempo
13	16.28		16.28	Tiempo prom	53	20.32		20.32	Fuera de tiempo
14	19.35		19.35	Tiempo prom	54	15.32		15.32	Tiempo prom
15	19.72		19.72	Tiempo prom	55	13.08		13.08	Tiempo prom
16	19.38		19.38	Tiempo prom	56	10.26		10.26	Tiempo prom
17	15.43		15.43	Tiempo prom	57	12.87		12.87	Tiempo prom
18	18.72		18.72	Tiempo prom	58	17.80		17.80	Tiempo prom
19	11.24		11.24	Tiempo prom	59	14.84		14.84	Tiempo prom
20	19.29		19.29	Tiempo prom	60	10.37		10.37	Tiempo prom
21	9.27		9.27	Fuera de tiempo	61	10.10		10.10	Tiempo prom
22	11.29		11.29	Tiempo prom	62	18.71		18.71	Tiempo prom
23				Fuera de prod	63	19.24		19.24	Tiempo prom
24	12.87		12.87	Tiempo prom	64	17.80		17.80	Tiempo prom
25	23.78		23.78	Fuera de tiempo	65	18.18		18.18	Tiempo prom
26	21.96		21.96	Fuera de tiempo	66	8.02	8.19	16.21	Tiempo prom
27	17.19		17.19	Tiempo prom	67	9.45	8.27	17.72	Tiempo prom
28	18.31		18.31	Tiempo prom	68	8.35		8.35	Fuera de tiempo
29	9.47		9.47	Fuera de tiempo	69	18.18		18.18	Tiempo prom
30	19.10		19.10	Tiempo prom	70	6.76	9.06	15.82	Tiempo prom
31	10.25	8.17	18.42	Tiempo prom	71	13.96		13.96	Tiempo prom
32	19.94		19.94	Tiempo prom	72	9.64		9.64	Fuera de tiempo
33				Fuera de prod	73	19.39		19.39	Tiempo prom
34	18.48		18.48	Tiempo prom	74	15.16		15.16	Tiempo prom
35	18.86		18.86	Tiempo prom	75	11.98	11.28	23.26	Fuera de tiempo
36	17.76		17.76	Tiempo prom	76				Fuera de prod
37	21.39		21.39	Fuera de tiempo	77	18.88		18.88	Tiempo prom
38	20.15		20.15	Fuera de tiempo	78	12.74		12.74	Tiempo prom
39	20.67		20.67	Fuera de tiempo	79	10.92		10.92	Tiempo prom
40	17.99		17.99	Tiempo prom	80	17.90		17.90	Tiempo prom
		Promedio	19.18		Tiempo promedio	27	33.75%		
		Min	9.27		Fuera de tiempo	11	13.75%		
		Max	64.34		Fuera de prod	2	2.50%		

Tabla 4 Recolección de tiempo en que alcanza velocidad máxima

Tras la elaboración y el análisis detallado de las rampas de aceleración correspondientes a cada posición de la Línea 3 de recubrimiento representadas dentro la gráfica 3, se identificó una variabilidad significativa entre las posiciones.



Gráfica 3 Rampas de aceleración de la posición 1-80

Cada una presenta valores distintos tanto en el tiempo tomado para alcanzar la velocidad máxima como en la velocidad máxima que logra alcanzar, lo cual impacta directamente en el comportamiento individual de cada rampa de aceleración.

Resultados obtenidos:

- **Tiempo tomado para alcanzar la velocidad máxima:**

- Mínimo: 8.33 segundos
- Máximo: 64.34 segundos

- **Velocidad máxima alcanzada por posición:**

- Mínima: 313.3 metros por minuto
- Máxima: 327.4 metros por minuto

Posteriormente, se procedió al cálculo de los valores promedio con base en los resultados individuales, con el objetivo de establecer una rampa de aceleración representativa para la Línea 3.

Promedios calculados:

- **Tiempo promedio tomado para alcanzar la velocidad máxima:** 16.45 segundos
- **Velocidad máxima promedio:** 320.2 metros por minuto

La variación observada en las rampas de aceleración entre las distintas posiciones de la Línea 3 tiene un impacto directo en la eficiencia de la línea ya que en situaciones donde se presenta una rampa de aceleración demasiado alta suceden enredos o retrabajos, para restablecer la posición, por ende, es necesario detener la operación hasta restablecer la posición afectada, lo que genera:

- **Pérdida de hilo recubierto**
- **Reducción del tiempo de producción**
- **Frustración operativa.**

Adicionalmente, las posiciones que presentan una aceleración superior al promedio representan un riesgo potencial para la seguridad del operador, ya que incrementan la probabilidad de incidentes por atrapamiento durante el proceso de subir la posición, comprometiendo la integridad física del personal.

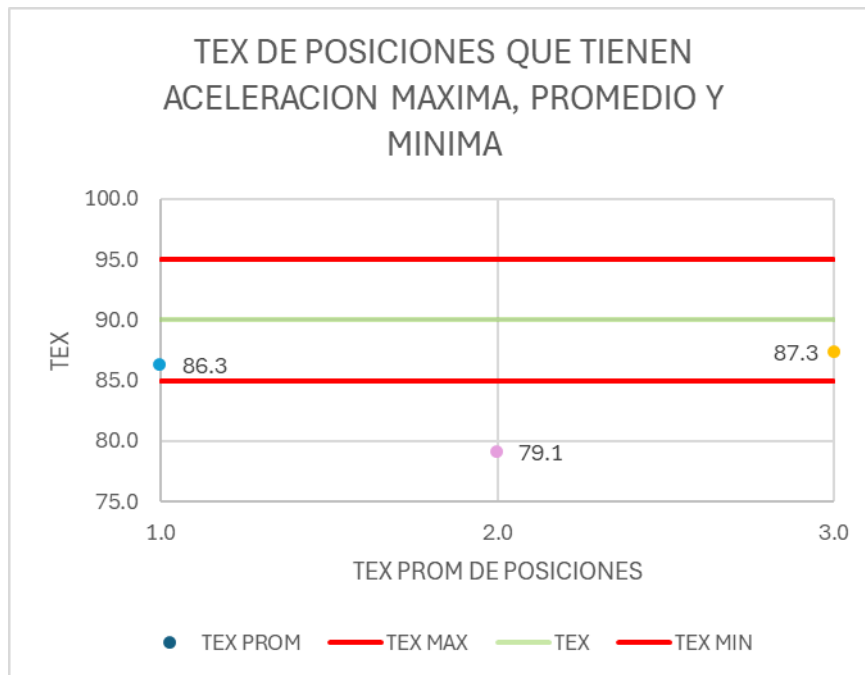
Análisis de Tex (Peso en gramos por cada 1000 metros lineales de hilo recubierto): Tras el análisis de las rampas de aceleración, se seleccionaron diversas posiciones representativas las cuales están presentadas dentro la tabla 5, que exhibían tres rangos de comportamiento respecto a su aceleración: las que presentaban aceleración alta en los recuadros azules, las que presentaban aceleración media en los recuadros rosas y las que presentaban aceleración baja en los recuadros amarillos. El objetivo fue identificar cuál de estas rampas ofrecía un desempeño óptimo en términos calidad del hilo al inicio de la bobina (tex durante los primeros 100 a 300 metros de operación), la cual según los parámetros establecidos para el material GRY-STD (Gris Estándar), tiene que ser de $90g \pm 5g$ por cada 1000 metros lineales de hilo recubierto.

		Comportamiento de TEX de bobinas de prueba										
Metros	Aceleración alta				Aceleración promedio				Aceleración baja			
	P21	P29	P48	P68	P7	P27	P58	P64	P9	P25	P52	P75
1200											91.2	
1100											91.9	
1000											91.2	
900											91.0	
800	89.6						90.0	87.3			90.9	
700	89.6						89.5	87.7	85.2		90.7	
600	89.7			88.2			89.1	86.4	85.5	87.7	91.5	
500	88.1			88.6		79.4	89.6	86.9	85.3	87.4	90.8	
400	88.9		87.7	86.6		80.6	82.7	86.9	85.1	83.7	91.2	86.1
300	88.9	88.4	87.4	84.2	87.0	78.3	84.3	87.0	85.1	77.7	91.3	85.8
200	88.6	88.5	87.8	83.6	86.4	74.4	80.0	88.2	85.1	77.6	91.3	85.5
100	87.7	89.3	86.6	81.4	85.2	74.2	76.3	80.6	85.5	72.1	90.9	85.6
OBSER.	POSICION 25 SE ENCONTRABA FUERA DE PRODUCCION PERO LE DIERON MANTENIMIENTO PORQUE PERDIA ACELERACION Y LAS CONDICIONES CAMBIARON											

Tabla 5 Comportamiento de TEX de bobinas de prueba

Los resultados obtenidos están dentro de la gráfica 4, los cuales fueron los siguientes:

- El Tex promedio de los primeros 100 metros de la bobina en posiciones con aceleración alta fue de **86.3**, representado con un punto azul dentro de la gráfica.
- El Tex promedio de los primeros 100 metros de la bobina en posiciones con aceleración media fue de **79.1**, representado con un punto rosa dentro de la gráfica.
- El Tex promedio de los primeros 100 metros de la bobina en posiciones con aceleración baja fue de **87.3**, representado con un punto amarillo dentro de la gráfica.



Gráfica 4 Tex de posiciones que tienen una aceleración máxima, promedio y mínima

A pesar de que la diferencia entre los valores de tex en posiciones con aceleración alta y baja no es significativa, se observa un mejor desempeño en las posiciones con aceleración baja respecto a la tabla 5, donde se observa un tex más uniforme en la posición 52, la cual presenta una aceleración baja.

Es importante destacar que en las posiciones con aceleración elevada se han identificado incidencias recurrentes de enredos de hilo en el Capstan, lo cual genera desperdicio de material y tiempos muertos operativos debido a la necesidad de intervención manual para restablecer la posición además de incrementar el riesgo de atrapamiento en las winders.

Tras la evaluación de los resultados operativos y las condiciones actuales de la línea 3 de recubrimiento, se identificó una variación significativa en las rampas de aceleración entre las distintas posiciones. Esta variabilidad genera material no conforme en base al valor de tex durante los primeros 100 a 300 metros de hilo recubierto, llegando en algunos casos a superar los 300 metros lineales con TEX por debajo de especificación.

En posiciones con aceleraciones demasiado altas: se han registrado paros operativos ocasionados por enredos de hilo en el capstan, lo que requiere intervención manual del operador una o incluso dos veces por posición. Esta situación no solo implica pérdida de material, sino

que también representa un riesgo para la integridad física del operador debido a la posibilidad de atrapamientos.

Las posiciones con aceleración promedio: (las más representativas en población dentro de la línea) presentan un comportamiento más estable del tex a partir de los 300 metros. Sin embargo, durante los primeros 200 metros se observa una alta variabilidad, lo cual impacta negativamente en la uniformidad de la bobina y podría afectar la calidad del producto final, especialmente en procesos posteriores, representando recubrimientos livianos, hilos finos y/o franjas.

Las posiciones con menor aceleración: muestran un tex más estable desde los primeros 100 metros, lo que se traduce en un hilo recubierto de mayor calidad y dentro de los parámetros establecidos. No obstante, incluso dentro de este grupo, no todas las posiciones mantienen un tex uniforme. La posición número 52 destaca por presentar condiciones óptimas, con un tex estable desde los primeros 100 metros y apegado a los valores especificados. Las condiciones operativas de esta posición son las siguientes:

- **Aceleración:** 24 segundos
- **Velocidad máxima:** 323 metros/minuto

Recomendaciones

Se propone la estandarización de las rampas de aceleración en todas las posiciones de la Línea 3 de recubrimiento, con el objetivo de mejorar el desempeño operativo y mitigar riesgos. Esta medida permitiría:

- **Reducir la variabilidad en los resultados operativos:** Todas las posiciones se ajustarían a parámetros definidos, disminuyendo las diferencias en su comportamiento.
- **Mejorar la eficiencia de producción:** Se optimiza el tiempo de operación por posición y se minimizan los paros por enredos o retrabajos.
- **Disminuir el volumen de hilo de scrap:** Al reducir el exceso de hilo almacenado en las perillas durante el arranque del Winder, se incrementa el aprovechamiento del hilo recubierto.

- **Minimizar riesgos operativos mientras suben posición:** La estandarización del tiempo del movimiento y la rampa de aceleración reduce la probabilidad de atrapamientos y actos inseguros que puedan comprometer la seguridad del operador.

Este análisis revela áreas clave de oportunidad para la estandarización de las posiciones, mejorar la estabilidad del ritmo de producción y fortalecer las condiciones de seguridad industrial en la operación de la Línea 3 de recubrimiento.

Limpieza dentro de la línea: Se implementó una segunda fase de pruebas con ajustes derivados de los resultados anteriores y como parte de este plan se realizó una limpieza dentro de la línea, en la ilustración 9 se muestra que se realizó limpieza a los aplicadores 1 y 2, además de que también se le realizó limpieza a la tina de enfriamiento como se puede observar en la ilustración 10.



Ilustración 9 Limpieza en aplicadores 1 y 2

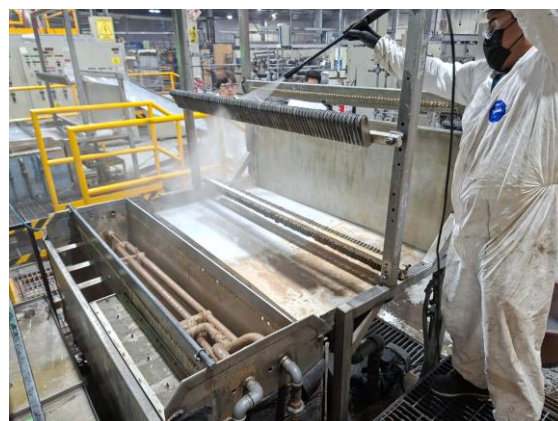


Ilustración 10 Limpieza en tina de enfriamiento

Ajuste a rampas de aceleración: Con el respaldo del departamento de mantenimiento, se realizaron los ajustes correspondientes a las rampas de aceleración de la Línea 3, conforme a lo establecido en el primer plan de prueba, configurando una aceleración de 24 segundos.

Es importante destacar que la aceleración en cada posición está gestionada por tarjetas de frecuencia, de las cuales la Línea 3 dispone de dos tipos: tarjetas Schneider representada en la ilustración 11 y tarjetas Lust representada en la ilustración 12. La principal diferencia entre ambas radica en su interfaz de configuración: las tarjetas Schneider incorporan un panel de control integrado que permite modificar directamente los valores de aceleración, mientras que las tarjetas Lust requieren la conexión de un controlador externo para realizar dichos ajustes.

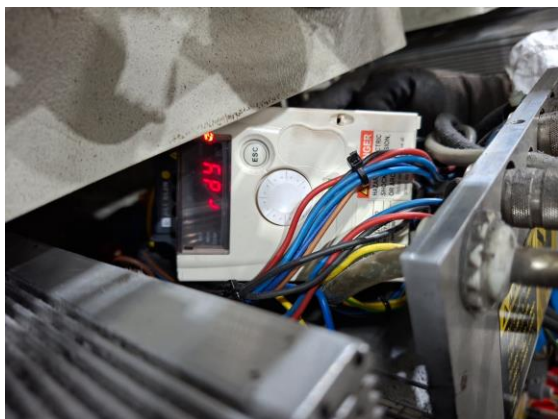


Ilustración 11 Tarjeta de frecuencia Schneider



Ilustración 12 Controlador para tarjeta Lust

Durante esta intervención, se le dio el parámetro de aceleración al que tenían que ser ajustadas las rampas de aceleración, el cual es de 24 segundos, el personal de mantenimiento calculo la frecuencia con la que tenían que trabajar las tarjetas de frecuencia respecto al tiempo que se indicó, dando como resultado 3.8 Hz para la tarjeta Lust y 14.5 Hz para la tarjeta Schneider, como se indica en la ilustración 13.

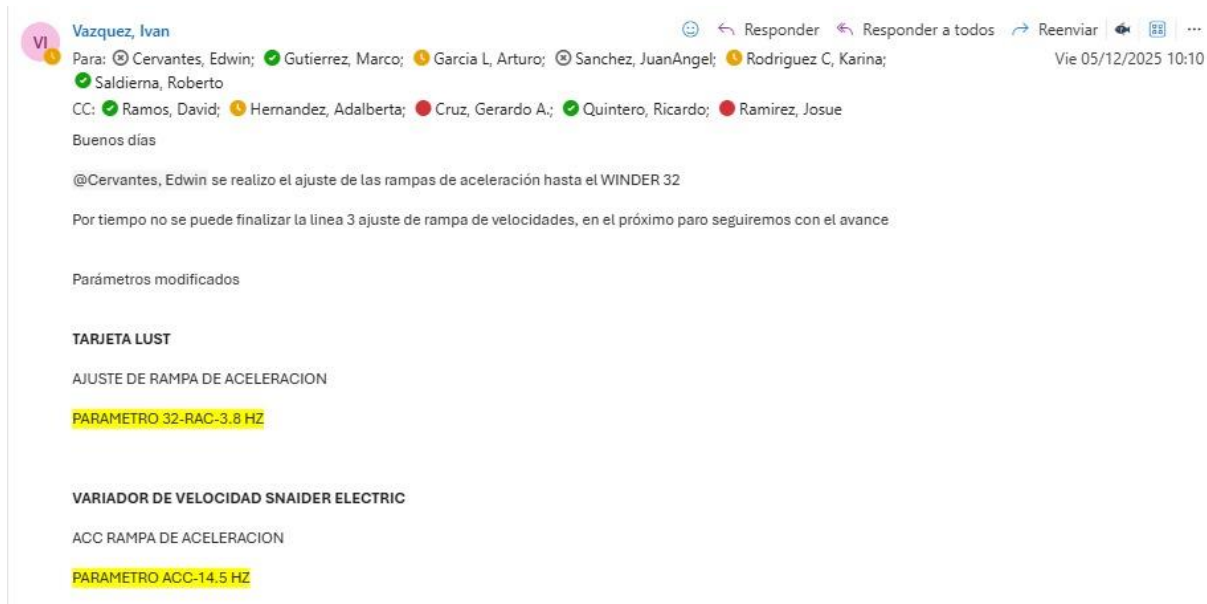


Ilustración 13 Correo de respuesta del departamento de Mantenimiento indicando ajustes realizados

10.3.Verificar

Resultados del segundo plan de prueba: Una vez concluida la limpieza de la línea y ajustadas las rampas de aceleración de la Línea 3 a un valor de 24 segundos, como se observa en la ilustración 13 reporta mantenimiento que únicamente se realizaron ajustes hasta la posición número 32, por lo que se hizo una selección aleatoria de 10 posiciones para realizar el barrido de tiempos con el propósito de evaluar las nuevas condiciones operativas de la línea tras las modificaciones implementadas.

Al igual que en el cálculo de rampas de aceleración antes de los ajustes, en la tabla 6 se muestra el cronometraje continuo realizado a las posiciones seleccionadas el cual se inició en el momento que el operador enciende la winder y se detuvo cuando la posición alcanzaba su velocidad máxima la cual se tomó con anterioridad, esto con ayuda de un tacómetro, el cual se coloca sobre el capstan para que a través de ahí se pudiera saber cuándo la posición alcanzara su velocidad máxima.

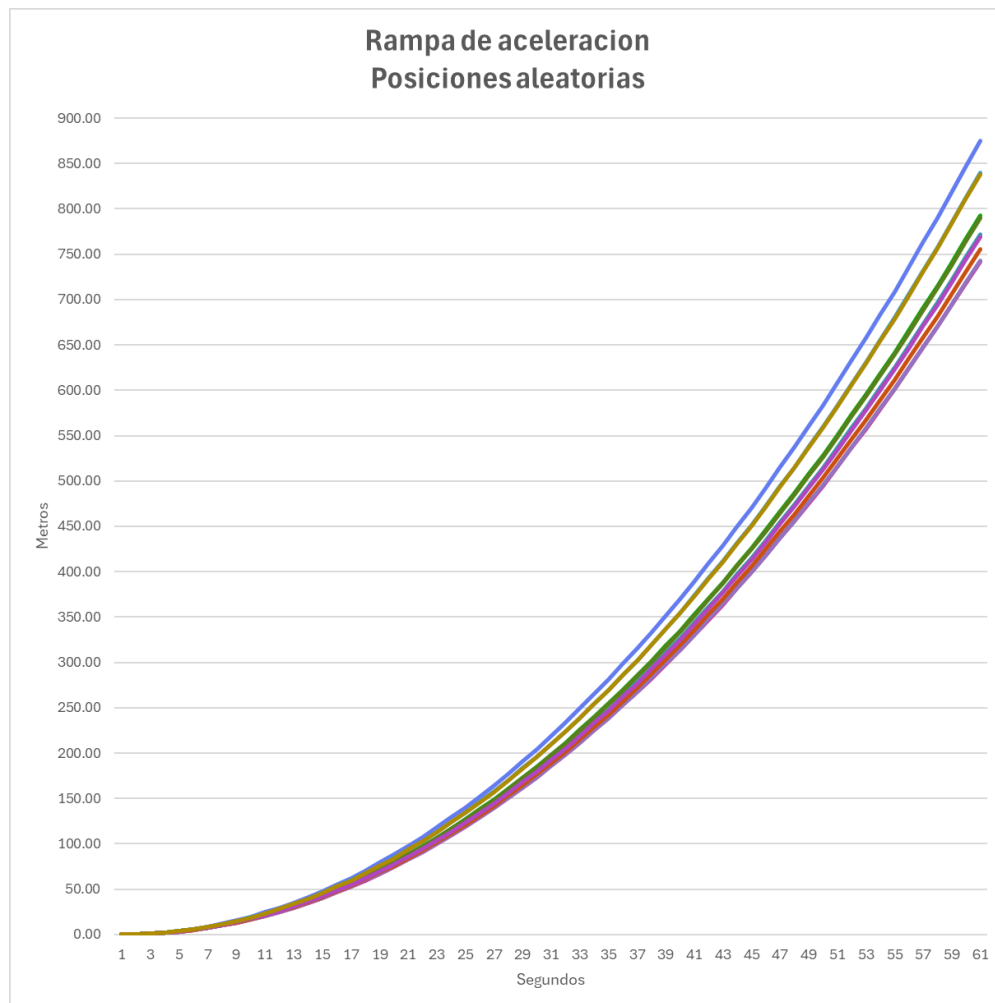
Para esta etapa del proyecto, al igual que en el primer plan de pruebas, se midió la velocidad máxima alcanzada por cada posición y el tiempo requerido para llegar a dicha velocidad. El objetivo principal de esta actividad fue verificar si las rampas de aceleración fueron modificadas correctamente conforme a lo reportado por el departamento de mantenimiento.

Línea Producto Velocidad	Barrido de velocidad y rampa de aceleración. 3 GRY STD 320 m/min +-5		
	BARRIDO 1		
POSICIÓN	Rampa 0-Velocidad maxima	Total	Estado
2	21.99	21.99	Tiempo prom
4	25.94	25.94	Tiempo prom
14	24.70	24.70	Tiempo prom
18	25.66	25.66	Tiempo prom
22	24.28	24.28	Tiempo prom
24	22.73	22.73	Tiempo prom
28	25.24	25.24	Tiempo prom
29	24.43	24.43	Tiempo prom
31	25.13	25.13	Tiempo prom
32	22.77	22.77	Tiempo prom

Tabla 6 Recolección de tiempo en que alcanza velocidad máxima después de ajustes

A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Rampas de aceleración con ajustes: Tras haber realizado los ajustes correspondientes a la línea, la elaboración y el análisis detallado de las rampas de aceleración mostradas en la gráfica 5, correspondientes a cada posición seleccionada de la Línea 3 de recubrimiento, se identificó que ya no existía una variabilidad significativa en las rampas de aceleración de las posiciones evaluadas.



Gráfica 5 Rampas de aceleración con ajustes

Cada rampa de aceleración presenta valores similares tanto en el tiempo tomado para alcanzar la velocidad máxima como en la velocidad máxima que logra alcanzar, lo cual nos da un comportamiento más estable de la línea a diferencia de cómo se encontraba antes de sus ajustes.

Resultados obtenidos:

- **Tiempo tomado para alcanzar la velocidad máxima:**

- Mínimo: 21.99 segundos

- Máximo: 25.94 segundos

Análisis de Tex (Peso en gramos por cada 1000 metros lineales de hilo recubierto): Una vez verificadas las modificaciones realizadas en las rampas de aceleración de las posiciones seleccionadas de forma aleatoria, se procedió al análisis del Tex con el objetivo de determinar si se cumplía la meta de mejorar la estabilidad del hilo desde los primeros 100 metros de producción.

Los resultados presentados en la Tabla 7, muestran el comportamiento del Tex en los primeros 300 metros de cada posición evaluada. Se observó una mayor uniformidad, lo que confirma la efectividad de los cambios implementados. De esta manera, se valida la selección de una aceleración estándar de 24 segundos para todas las posiciones, al ser la configuración que garantizó una calidad de hilo uniforme desde el inicio de la bobina, reduciendo variaciones y asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas.

La posición 14 se encontraba inicialmente fuera de operación; sin embargo, con la intervención del operador fue posible restablecer su funcionamiento. Durante la revisión, se señaló que dicha posición presenta deficiencias de mantenimiento que requieren atención. Aun con estas limitaciones, los resultados obtenidos evidencian un valor de Tex más uniforme, aunque todavía fuera de las especificaciones establecidas, lo que sugiere un desempeño relativamente estable pese a las condiciones actuales del equipo.

			Comportamiento de TEX de bobinas de prueba							
Metros	P2	P4	P14	P18	P22	P24	P28	P29	P31	P32
500										
400										
300	86.6	88.6	83.9	88.8	87.1	88.1	88.2	86.6	88.3	87.2
200	86.9	87.3	83.2	86.6	87.0	88.0	87.2	85.2	88.9	87.6
100	85.1	87.4	83.5	87.1	87.4	87.1	87.2	85.4	88.6	87.2
OBSER.	EL TEX DE LA POSICION SOMBREADA EN NARANJA SE ENCONTRABA FUERA DE PRODUCCION									

Tabla 7 Comportamiento de TEX de bobinas de prueba de segundo plan de prueba

Tal como se aprecia en la gráfica 6, los puntos verdes evidencian que el valor de Tex registrado desde el inicio de la bobina se encuentra dentro de los parámetros establecidos, lo que confirma una buena calidad del hilo desde los primeros metros producidos. Sin embargo, se observa la

posición 14 fuera de especificación debido a las condiciones previamente mencionadas, reflejando un comportamiento distinto respecto al resto de las posiciones analizadas.



Gráfica 6 TEX que presentaron los primeros 100 metros de hilo recubierto

10.4. Actuar

En la última fase se consolidaron las acciones derivadas del análisis y verificación de resultados, con el propósito de garantizar la sostenibilidad de las mejoras implementadas en la línea 3 de recubrimiento.

En primer lugar, se procedió a la estandarización de los parámetros de aceleración definidos durante las pruebas, estableciendo valores óptimos que fueron incorporados en la línea 3 de recubrimiento. Estos parámetros se documentaron asegurando que la información esté disponible para todo el personal involucrado en el proceso.

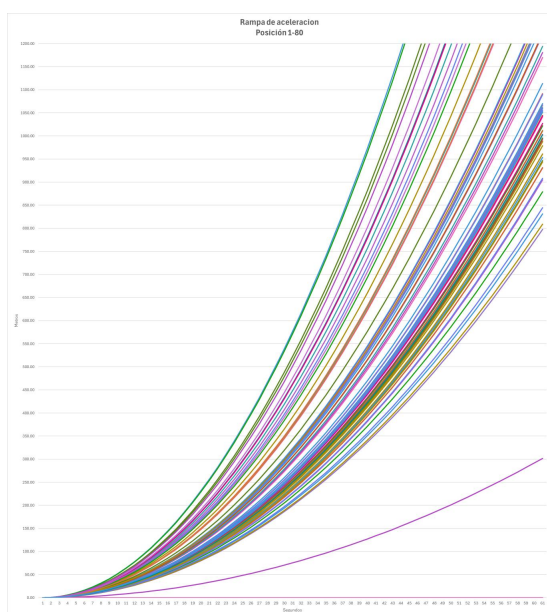
Posteriormente, se realizó un monitoreo y seguimiento de indicadores clave de desempeño, tales como la reducción de scrap, la eficiencia de la línea y la uniformidad del TEX en los primeros metros de producción. Estos indicadores permiten evaluar periódicamente la efectividad de las mejoras y facilitan la toma de decisiones basada en datos confiables.

Finalmente, se estableció una retroalimentación continua entre las áreas involucradas en el proceso, con el fin de identificar nuevas oportunidades de mejora y asegurar que los resultados obtenidos se mantengan en el tiempo. Este enfoque refuerza la cultura de mejora continua dentro de la organización y contribuye a la consolidación de Saint-Gobain ADFORS como referente en eficiencia operativa y seguridad industrial.

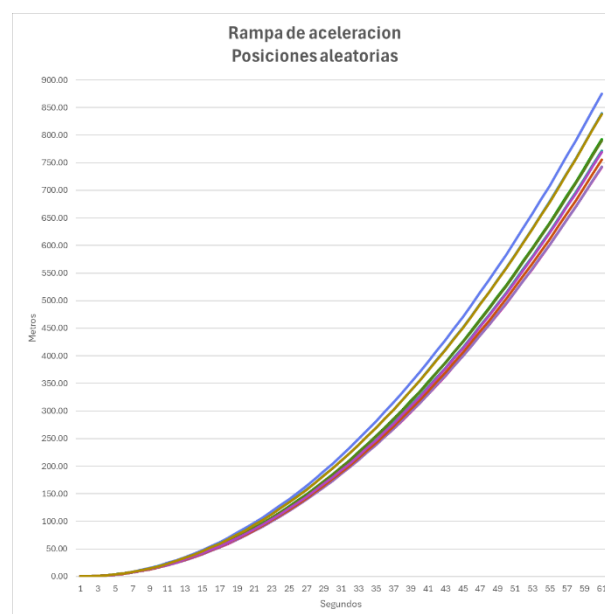
11. Resultados

Como parte de los resultados del proyecto de estandarización de rampas de aceleración en la línea 3 de recubrimiento, se generaron mejoras significativas en la operación respecto a los objetivos, por ejemplo:

- Se estableció un parámetro de tiempo para la aceleración de los Winders de la línea 3, determinado mediante cronometraje, herramienta que permitió medir el tiempo requerido por cada posición para alcanzar su velocidad máxima. El objetivo de este análisis fue reducir la variabilidad entre posiciones presentada en la gráfica 7, la cual ocasionaba diferencias en el tex del hilo y, en consecuencia, incrementaba las rupturas que generaban paros no programados. Con la implementación de este parámetro, como se muestra en la gráfica 8, se logró que las posiciones trabajaran de manera más uniforme, favoreciendo la estabilidad del proceso disminuyendo la cantidad de paros no programados por ruptura de hilo y la necesidad de intervención manual.



Gráfica 7 Variabilidad de las rampas de aceleración antes de ajustes



Gráfica 8 Variabilidad de las rampas de aceleración después de ajustes

- Comparando las tablas 8 y 9, se puede observar que se alcanzó mayor uniformidad en el Tex del hilo desde los primeros 100 metros de la bobina, cumpliendo con los parámetros técnicos establecidos ($90g \pm 5g$). A su vez se logró disminuir de manera considerable la

cantidad de material defectuoso en los primeros metros de producción, optimizando el aprovechamiento de la materia prima.

		Comportamiento de TEX de bobinas de prueba											
Metros	Aceleración alta				Aceleración promedio				Aceleración baja				
	P21	P29	P48	P68	P7	P27	P58	P64	P9	P25	P52	P75	
1200													
1100													91.2
1000													91.2
900													91.0
800	89.6						90.0	87.3					90.9
700	89.6						89.5	87.7	85.2				90.7
600	89.7			88.2			89.1	86.4	85.5	87.7			91.5
500	88.1			88.6		79.4	89.6	86.9	85.3	87.4			90.8
400	88.9		87.7	86.6		80.6	82.7	86.9	85.1	83.7			91.2
300	88.9	88.4	87.4	84.2	87.0	78.3	84.3	87.0	85.1	77.7			91.3
200	88.6	88.5	87.8	83.6	86.4	74.4	80.0	88.2	85.1	77.6			91.3
100	87.7	89.3	86.6	81.4	85.2	74.2	76.3	80.6	85.5	72.1			90.9
OBSER.	POSICION 25 SE ENCONTRABA FUERA DE PRODUCCION PERO LE DIERON MANTENIMIENTO PORQUE PERDIA ACCELERACION Y LAS CONDICIONES CAMBIARON												

Tabla 8 Comportamiento de TEX desde primeros 100 metros en bobinas antes de ajustes a rampas de aceleración

		Comportamiento de TEX de bobinas de prueba									
Metros	P2	P4	P14	P18	P22	P24	P28	P29	P31	P32	
500											
400											
300	86.6	88.6	83.9	88.8	87.1	88.1	88.2	86.6	88.3	87.2	
200	86.9	87.3	83.2	86.6	87.0	88.0	87.2	85.2	88.9	87.6	
100	85.1	87.4	83.5	87.1	87.4	87.1	87.2	85.4	88.6	87.2	
OBSER.	EL TEX DE LA POSICION SOMBREADA EN NARANJA SE ENCONTRABA FUERA DE PRODUCCION										

Tabla 9 Comportamiento de TEX desde primeros 100 metros en bobinas después de ajustes a rampas de aceleración

- Realizando una comparación de la ilustración 15 con respecto a la ilustración 14, las cuales muestran la interfaz del sistema Barco, se pudo observar mejora en los indicadores clave de desempeño mostrando un incremento del 2% en la eficiencia del turno, la cantidad de bobinas mudadas, un aumento de la producción en kg y longitud, además de que los paros disminuyeron un 50%, en opinión de los operadores también se obtuvieron resultados positivos, ya que mencionan que la línea ya trabaja más estable y no necesita tanta intervención manual como la necesitaba antes de sus modificaciones.

evidencia que, debido a la disminución en la aceleración de cada posición, el nivel de riesgo pasó de ser clasificado como importante a marginal. Este cambio implica que la operación únicamente requiere mantenerse bajo observación, sin necesidad de implementar medidas preventivas adicionales.

[illegible]

Tabla 10 Matriz de riesgos

12. Conclusiones de proyecto

En conclusión, el proyecto de estandarización de rampas de aceleración en la línea 3 de recubrimiento en la planta Saint-Gobain ADFORS Tlaxcala permitió atender una problemática crítica que afectaba la eficiencia, la calidad y la seguridad en el proceso productivo. La falta de parámetros definidos en el arranque de los winders generaba descoordinación entre equipos, enredos de hilo, generación de scrap y paros no programados, lo que impactaba directamente en los indicadores clave de desempeño de la línea. Mediante la aplicación de la metodología del Círculo de Deming se logró diagnosticar la causa raíz, implementar pruebas controladas, verificar resultados y finalmente estandarizar parámetros técnicos que garantizaron la estabilidad del proceso. Los resultados evidenciaron una reducción significativa en la generación de scrap, disminución de paros no programados, mayor uniformidad en el TEX del hilo y menor intervención manual de los operadores, lo que incrementó la confiabilidad del sistema y la seguridad laboral.

La experiencia personal y profesional adquirida durante el desarrollo del proyecto fue altamente enriquecedora, ya que permitió aplicar de manera práctica los conocimientos de ingeniería industrial en un entorno real, fortaleciendo competencias en análisis de procesos.

gestión de calidad, cronometraje, optimización de recursos y seguridad industrial. Asimismo, se desarrollaron habilidades de comunicación efectiva y trabajo en equipo al coordinar actividades con las áreas de producción, mantenimiento y calidad, lo que reforzó la capacidad de adaptación y la disposición para colaborar en la solución de problemas reales. En el plano personal, la experiencia fomentó el pensamiento crítico, la toma de decisiones basadas en datos y la disciplina para documentar resultados y proponer mejoras sostenibles, además de generar una mayor conciencia sobre la importancia de la seguridad laboral y la responsabilidad que implica diseñar soluciones que reduzcan riesgos para los operadores.

13. Competencias desarrolladas y/o aplicadas.

Durante el desarrollo del proyecto se pusieron en práctica y se fortalecieron diversas competencias profesionales propias de la Ingeniería Industrial:

- **Análisis de procesos:** Identificación de causa raíz y evaluación de variables críticas en el arranque de los winders.
- **Gestión de la calidad:** Aplicación de metodologías de mejora continua (PDCA) y control de parámetros técnicos para cumplir especificaciones.
- **Optimización de recursos:** Reducción de desperdicios y mejora en la eficiencia operativa mediante estandarización de procesos.
- **Seguridad industrial:** Implementación de prácticas que disminuyen riesgos laborales y fortalecen la confiabilidad del sistema.
- **Trabajo en equipo y comunicación:** Coordinación con áreas de producción, mantenimiento y calidad para asegurar la correcta aplicación de los ajustes.
- **Uso de herramientas de ingeniería:** Cronometraje, análisis de datos, gráficas de comportamiento y documentación técnica para la toma de decisiones.
- **Pensamiento crítico y solución de problemas:** Diseño de estrategias técnicas que respondieron a una problemática real con impacto directo en la operación.

14. Fuentes de información

- Saint-Gobain ADFORS. (s.f.). ¿Quiénes somos?. Recuperado el 17 de septiembre de 2025, de <https://www.adfors.com/es/quienes-somos>

- Saint-Gobain ADFORS. (s.f.). Sobre nosotros. Recuperado el 17 de septiembre de 2025, de <https://www.adfors.com/es/sobre-nosotros>
- Saint-Gobain México. (s.f.). ADFORS. Recuperado el 17 de septiembre de 2025, de <https://www.saint-gobain.com.mx/adfors>
- Equipo editorial Etecé. (2023, 28 noviembre). *Manufactura - Concepto, historia, tipos, características y ejemplos*. Concepto. <https://concepto.de/manufactura/>
- De Ceupe, B. (2022b, agosto 30). Ceupe. *Ceupe*. <https://www.ceupe.com/blog/manufactura.html>
- Servín, A. (2025, 16 mayo). 5 tendencias en la evolución de la industria manufacturera. *El Economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/los-especiales/5-tendencias-evolucion-industria-manufacturera-20250516-759347.html>
- Fernandez, J. A. (2025, 10 noviembre). Manufactura industrial: procesos, tipos y retos en la Industria 4.0. *OVERTEL*. <https://overtel.com/blog-3/que-es-la-manufactura-industrial-que-procesos-y-tipos-existen>
- Management Study Guide. (2025). *Manufactura de clase mundial: significado y principios*. Recuperado de <https://www.managementstudyguide.com/es/world-class-manufacturing.htm>
- Miranda Da Silva, E. (s.f.). *WCM – Pilares de la Manufactura de Clase Mundial*. UNAM – Facultad de Contaduría y Administración. Recuperado de https://cedigec.fca.unam.mx/materiales/administracion/5/anexos/1426/Unidad_1/u1_A_Miranda_Da_Silva.pdf
- Schonberger, R. J. (s.f.). *Manufactura de clase mundial*. Libros de Gerencia Resumidos. Recuperado de https://cmapspublic.ihmc.us/rid=1237673455454_606789862_28719/manufacturadeclass mundial.pdf
- ABB. (s.f.). *Optimización de flujo; rampas de aceleración y deceleración*. En *Manual ACS355*. Recuperado de <https://www.manualslib.es/manual/5260/Abb-Acs355.html?page=141>
- Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo. (2022/2023). *Rampa de aceleración y deceleración*. Studocu. Recuperado de <https://www.studocu.com/es->

mx/document/instituto-tecnologico-superior-de-ciudad-hidalgo/electronica-de-potencia/rampa-de-aceleracion-y-deceleracion/61280526

- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (s.f.). *Práctica 3: Rampas de tiempo – Control electromecánico*. Recuperado de <https://masam.cuautitlan.unam.mx/dycme/ce/practica-3rampas-de-tiempo/>
- Grupo ORS. (2024, mayo 10). *Impacto de los paros no programados en la industria mexicana: Una perspectiva actual*. Recuperado de <https://grupoors.com.mx/2024/05/10/impacto-de-los-paro-no-programado-en-la-industria-mexicana-una-perspectiva-actual>
- XADO México. (2022, septiembre 18). *Los paros de producción: ¿Qué son y cómo evitarlos?*. Recuperado de <https://xado.mx/los-paros-de-produccion-y-como-evitarlos/>
- Mora, J. (2020). *Impacto de los paros no programados en la productividad de las empresas manufactureras*. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/impacto-paros-no-programados>
- IBM. (2024, marzo 26). *¿Qué es la eficiencia operativa?*. Recuperado de <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/operational-efficiency>
- Itcons. (2025, septiembre 18). *Qué es la eficiencia operativa: Entendiendo su importancia*. Recuperado de <https://itcons.app/que-es-la-eficiencia-operativa>
- OBS Business School. (s.f.). *¿Qué es la eficiencia operativa?*. Recuperado de <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-la-eficiencia-operativa>
- Cronometras.com. . (s.f.). *¿Cuáles son las técnicas de cronometraje industrial?*. Recuperado de <https://cronometras.com/cuales-son-las-tecnicas-de-cronometraje-industrial/>
- Escalante, A., & González, J. D. (s.f.). *Ingeniería Industrial: Métodos y tiempos con manufactura ágil*. Alfaomega. Recuperado de <https://libroweb.alfaomega.com.mx/book/842/free/data/presentacion/cap9.pdf>
- Ingeniería Industrial Online. (2019, junio 26). *Cronometraje del trabajo*. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/cronometraje-del-trabajo/>
- Morales Hernández, T. M. (2025, agosto 4). *Técnicas de cronometraje: cómo optimizar procesos con el estudio de tiempos*. Asiatech. <https://asiatech.com.mx/post/tecnicas-de-cronometraje>

- EuropeanScrum. (2024). *Guía Lean oficial 2024 v.1.0*. Recuperado de https://www.europeanscrum.org/uploads/2/4/5/1/24513648/gui%CC%81a_lean_oficial_2024.v1.0_-_europeanscrum.org.pdf
- Lean Construction México. (2024, julio 27). *Lean Manufacturing: principios, herramientas y cómo aplicarlo en la práctica*. Recuperado de <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/lean-manufacturing-principios-herramientas-y-c%C3%B3mo-aplicarlo-en-la-pr%C3%A1ctica>
- Deming Institute. (2025). *The Deming Cycle (PDSA)*. The Deming Institute. <https://deming.org/explore/pdsa>
- ESIC Business & Marketing School. (2025, junio). *¿Qué es el ciclo de Deming (PDCA)? Para qué sirve y ejemplos*. ESIC Rethink. <https://www.esic.edu/rethink/marketing-y-comunicacion/ciclo-de-deming-que-es-para-que-sirve-y-ejemplos-c>
- International Organization for Standardization (ISO). (2025). *ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements*. ISO. <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html>
- Universidad Internacional de La Rioja (UNIR). (2025). *Ciclo de Deming o ciclo PDCA, ¿en qué consiste?*. UNIR Revista de Ingeniería. <https://www.unir.net/revista/ingenieria/ciclo-de-deming-pdca/>

15. Anexos



CD. IND. Xicoténcatl, Tetla, Tlaxcala a 16 de diciembre del 2025

ASUNTO: **CARTA DE NO INCONVENIENCIA**

DRA. YESICA IMELDA SAAVEDRA BENÍTEZ
DIRECTORA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

AT'N: MARÍA VALERIA MONTIEL MÁRQUEZ
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN

P R E S E N T E:

Por medio de la presente se hace constar que con fecha 16 de diciembre del 2025, el alumno **C. David Ramos Ramos** con número de control **C20370968** alumno de la carrera de **Ingeniería Industrial** del Instituto Tecnológico de Apizaco, realizó satisfactoriamente su proyecto denominado **"Estandarización en las rampas de velocidad en las líneas de recubrimiento"**. Bajo supervisión de **Edwin Cervantes Franco**, en el periodo comprendido del **29 de julio 2025 al 16 de diciembre 2025**.

Asimismo, Saint-Gobain América, S.A. de C.V. no tiene ningún inconveniente en que se utilice la información incluida en dicho proyecto para los fines académicos que le convengan al interesado y concede las facilidades para el uso de este ante el Instituto Tecnológico de Apizaco.

Sin más por el momento, reciba un afectuoso saludo.

ATENTAMENTE

Salvador Sahagún Aragón

Gerente Recursos Humanos SGA



Saint-Gobain América, S.A. de C.V.
Coaxamalucan No. 500, Cd. Ind. Xicoténcatl, Tetla, Tlaxcala México CP 90434
Tel: +(52) 241 84800