

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01- 27

**PROGRAMACIÓN DE CELDA ROBÓTICA DE
SOLDADURA N°3 DE TRAVIESAS PARA LA EMPRESA
INDUSTRIAS NORTECAUCANAS S.A.S - INORCA**

Juan Pablo Madrid Polanco

Programa Académico
Ingeniería Mecatrónica

Asesor Metodológico
Luis Alfonso Loaiza Upegui

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO
Enero 2019**

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo principal realizar el proceso de programación de la celda robótica de soldadura N°3 de traviesas, realizadas por manipuladores de la marca YASKAWA MOTOMAN EA1900N N° 550 para la empresa Industrias Nortecaucanas INORCA S.A.S. Inicialmente, se realiza la verificación y análisis de los manipuladores para el proceso de soldadura de juntas, con el fin de efectuar la adecuada estructuración del programa, garantizando estándares de calidad y las medidas correctivas para un buen acabado final de la pieza. Esto se logra teniendo parámetros iniciales establecidos por el departamento de ingeniería de INORCA, seguido de establecer las diferentes trayectorias y sincronización de los diferentes manipuladores para evitar colisiones. Finalmente, el proceso es validado a través de pruebas en el entorno real de trabajo, logrando aumentar en un 10% la confiabilidad en la pieza final y aumentando en un 200% la producción y se realiza un instructivo de funcionamiento para el operario y el departamento de mantenimiento.

Palabras clave: Celda robótica, soldadura, manipulador, juntas, trayectoria, colisiones, confiabilidad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Reconocimiento

En primera instancia, mi más eterna gratitud a Dios porque ha regalado la vida y me acompaña siempre en este largo camino y entregándome fortaleza para escalar cada peldaño de mi vida y la carrera profesional.

A mis padres Fernando Madrid y Beatriz Elena Polanco, mis hermanos Ronal Fernando Madrid y Álvaro Madrid, mi abuela Fátima Daza, mi tío Luis Guillermo Viloría y mi novia Yancely Arroyave Marín por el amor y el apoyo incondicional brindado en todo momento, por los valores inculcados y por darme la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida.

A mis profesores, quienes compartieron su conocimiento para mi formación como profesional y las personas que han formado parte de mi vida académica, a las que agradezco su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos difíciles, quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Al asesor Luis Alfonso Loaiza Upegui, quien por medio de sus sugerencias posibilitó la elaboración de este informe.

Para finalizar quiero agradecer al Instituto Tecnológico Metropolitano por acogerme durante todos estos años como estudiante de pregrado, nada de esto habría sido posible sin mi paso por las aulas de tan preciada Institución.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01- 22

Acrónimos

Celda Celda robotizada

H79 Traviesa para Renault duster (estructura metálica del panel frontal del automóvil)

X52 Traviesa para Renault sanderos y logan (estructura metálica del panel frontal automóvil)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla de contenido

1. Introducción	7
2. Descripción del problema.....	9
3. Justificación del Problema	10
4. Objetivos	11
4.1. Objetivo general.....	11
4.2. Objetivos específicos	11
5. MARCO TEÓRICO	12
5.1. Robótica	12
5.2. Manipuladores	12
4.2.1 <i>Sistema básico de un robot manipulador</i>	13
4.2.2 <i>Característica de un robot manipulador</i>	13
4.2.2.1 <i>Morfología</i>	13
4.2.2.2 <i>Elementos terminales</i>	15
6. Metodología	16
6.1. Lectura del manual.....	16
6.2. Capacitaciones.	16
6.3. Evaluación y generación del concepto.....	16
6.4. Adecuación y puesta a punto de la celda.	18
6.5. Montaje de las piezas en las guías.	19
6.6. Definición de trayectorias en subprogramas.....	20
6.7. Programa principal.....	21
6.8. Verificación de trayectorias manualmente.....	22
6.9. Proyección de soldadura.	23
6.10. Desmontaje de la pieza.....	24
6.11. Inspección de pieza por el departamento de calidad.....	25
7. Resultados y discusión	26

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

8. Conclusiones	31
9. Recomendaciones.....	32
10. Trabajo futuro	33

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. Introducción

En un mundo cada vez más competitivo, en donde el mercado actual es cada vez más exigente, las empresas modernas se ven obligadas a evolucionar en todos sus aspectos funcionales. En la actualidad, por efecto de la globalización, las industrias deben mejorar la competitividad, y esto conlleva el mejoramiento de los procesos de manufactura, es decir la optimización de las variables y recursos de la empresa, para reducir costos, mejorar la calidad y la eficiencia. (Restrepo, 2008)

La empresa Industrias Nortecaucanas INORCA S.A.S presta servicios de diseño y fabricación de asientos y autopartes en plásticos para ensambladoras nacionales de vehículos Renault y mobiliario institucional. INORCA S.A.S envigado fabrica los asientos y las traviesas (H79 y X52) para los autos Duster, sanderos y logan de Renault-SOFASA, entre otras, constituyen el día a día de la empresa y a la fecha se realizan de manera manual, asociando un nivel de dificultad mayor para obtener de manera eficiente y efectiva el resultado esperado y alto riesgo para la seguridad del operario en el sitio de trabajo (p. ej. ruido, golpes, esquirlas). (INORCA., 2012)

Ante el panorama descrito, surge la necesidad de programar la celda robótica de soldadura N°3 de traviesas con sus respectivas pruebas de funcionamiento, para ser operada al interior proceso de la planta, en pro de disminuir la incidencia de los problemas y la materialización de los riesgos potenciales detectados y que se consolide en la empresa, como una herramienta para optimizar el tiempo, minimizar el esfuerzo humano y garantizar la calidad (precisión, mejor acabado) en la realización de las actividades arriba mencionadas. Se determina que la programación de la celda robótica es pertinente, dado que se dispone del conocimiento y las herramientas para ello, acorde a las necesidades planteadas.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El trabajo se organiza de la siguiente manera. La sección 2 contiene la descripción del problema. La sección 3 contiene la justificación del problema. La sección 4 contiene los objetivos. En la sección 5 se explica los conceptos generales. En la sección 6 se explica la metodología implementada. En la sección 7 se demuestran las validaciones de las pruebas en el entorno real de trabajo y los resultados obtenidos. En la sección 8 se saca las conclusiones del trabajo. La sección 9 se dirige algunas recomendaciones para futuras modificaciones y mejoras. Finalmente, la sección 10 se menciona trabajos futuros.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. Descripción del problema

En INORCA – ENVIGADO se trabaja para lograr ser eficientes con el aprovechamiento de los recursos empleados, tener una respuesta optima y ser flexibles ante los cambios constantes y variantes en la demanda generadas por el cliente principal, Renault – SOFASA.

Actualmente se evidencia que el tiempo de fabricación de las traviesas (H79 y X52) es de 5 minutos con 10 segundos. Esto genera que se acumule un gran número de piezas en espera y posible deterioro y/o pérdida de las mismas, obteniendo así, sobre costos en la logística e incumplimiento de respuestas óptimas y pertinentes al cliente.

Es recurrente el rechazo de traviesas por malos métodos de fabricación, donde se evidencia faltante de cordones de soldadura, faltante de piezas, generando inconsistencias en el producto final. Todo esto se presenta por desconocimiento mismo de los operarios, donde sólo importa producir la cantidad correspondientes al turno laboral. Con base a lo anterior, se busca programar la celda robótica, donde se permita responder ante la demanda, contemplando los múltiples cambios que se generan constantemente. Además, de disminuir las posibles causas que conllevan a reprocesar una operación y/o pieza.

- **Formulación del problema:**

¿Programar la celda robótica de soldadura N°3 de traviesas para evitar reproceso y aumentar la productividad y la eficiencia en el proceso?

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. Justificación del Problema

El propósito de toda compañía es lograr maximizar la rentabilidad con un número mínimo de recursos. La incorporación de nuevos mecanismos y herramientas, representa una inversión que debe ser compensada con un aumento en beneficios. Desde el punto de vista de la programación de la celda, esto se obtiene cumpliendo con la capacidad de producción deseada.

Algunas de las herramientas que permiten mejorar la productividad dentro de la empresa, lo constituyen un análisis de tiempos, la cual es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una función determinada con estándares y normatividades preestablecidas; y por otro lado, la programación de la celda robótica, permite corregir los errores identificados en el proceso.

El interés del presente trabajo, se centra en determinar que la programación de la celda sea óptimo y eficiente, involucrado en el proceso de fabricación de traviesas (H79 y X52), a un costo total mínimo de operación e inversión de capital y con un número mínimo de operarios, además de aumentar la eficiencia de los recursos de los mismos.

Lo anterior, buscará que los operarios laboren en mejores condiciones y con diversos conocimientos para la ejecución de sus labores, permitiendo disminuir el tiempo de producción y aumentar la productividad en recursos para la organización y obtener procesos de ensamble con flujos continuos.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Realizar la programación de la celda de soldadura N°3 de traviesas en la empresa INORCA S.A.S, para cambiar el proceso que antes tenía la celda de asientos delanteros por traviesas (H79 Y X52).

4.2. Objetivos específicos

- Desarrollar un programa en el lenguaje propio de MOTOMAN (INFORM), con el cual se asegure la confiabilidad del proceso mediante acciones que permitan incluir todas las posibilidades de riesgo, tanto para los operarios como para la planta misma.
- Optimizar el tiempo y aumentar la productividad del proceso de soldadura de las traviesas (H79 y X52).
- Probar y evaluar el desempeño de la programación de la celda en el entorno de trabajo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Robótica

La palabra robot es de origen eslavo, en ruso “robota” significa trabajo. Sin embargo, esto no limita la aplicación de los robots al campo industrial, y, por tanto, se distinguen dos clases de robots: Los robots de servicio, y los robots industriales.

Los robots de servicio son aquellos que prestan servicios para los seres humanos o equipos excluyendo de esta definición las actividades de manufactura. Éstos se clasifican en tres grupos: Los robots de servicio al ser humano (seguridad personal, entretenimiento), robots de servicio a equipos (mantenimiento, reparación, limpieza), y los robots con funciones autónomas (transporte, recopilación de datos, supervisión), y todos aquellos que no clasifiquen en los dos grupos anteriores (Iñigo Madrigal & Vidal diarte, Ed. 2004).

Los robots industriales, grupo dentro del que se clasifica el robot objeto de estudio, “forman parte del desarrollo de la automatización industrial, favorecido notablemente por el avance de las técnicas de control por computadora, y contribuyen de manera decisiva a la automatización en los procesos de fabricación de series de mediana y pequeña escala” (Craig, 2006).

5.2. Manipuladores

Un robot manipulador es un robot articulado, comúnmente utilizado en la industria cuya característica principal es la flexibilidad, lo cual lo diferencia de la automatización fija, en la medida en que no sólo sus movimientos son programables, sino que también, a través del uso de sensores y la comunicación con otros dispositivos, se puede adaptar a las variaciones de la tarea. (Craig, 2006)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2.1 Sistema básico de un robot manipulador

Los requerimientos mínimos para la correcta operación de un robot manipulador son:

- El **brazo manipulador (robot)**, consiste en un conjunto de articulaciones mecánicas (eslabones, engranajes, transmisión por cadena o correa), actuadores (motores eléctricos o hidráulicos) y sensores de posición usados en el sistema de control de bucle cerrado.
- El **controlador**, es el dispositivo que recibe las señales de los sensores de posición usados en el sistema de control de bucle cerrado.
- La **unidad de potencia**, que alimenta los motores que actúan las articulaciones.

Puede contar también con sensores externos como cámaras de video, con los que se controla el movimiento del brazo. (Iñigo Madrigal & Vidal diarte, Ed. 2004)

4.2.2 Característica de un robot manipulador

4.2.2.1 Morfología

La morfología del robot depende de los tamaños y tipos de estos, así como de otros aspectos referentes a las características físicas del mismo. El brazo manipulador de un robot puede dividirse en dos partes: el cuerpo, el cual posiciona el elemento terminal, y la muñeca que lo orienta con más precisión. Generalmente, se asocian tres grados de libertad al sistema del cuerpo, y dos o tres a la muñeca.

La morfología es un concepto importante porque la forma y la estructura de los robots condicionan su funcionamiento, así como su campo de aplicación; para el caso de los brazos manipuladores, esta viene inspirada en el cuerpo humano (Iñigo Madrigal & Vidal diarte, Ed. 2004) como se puede ver en la Figura 1. Morfología del robot Fuente:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

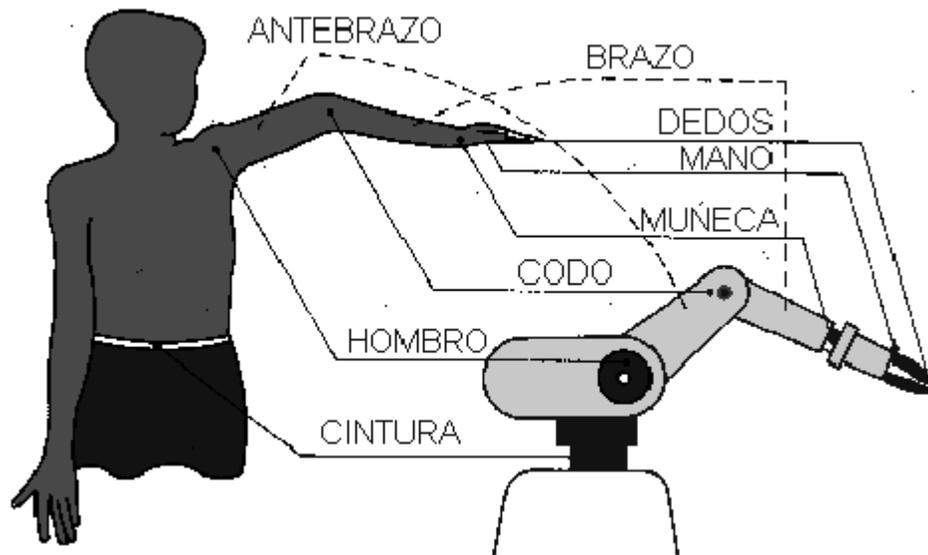


Figura 1. Morfología del robot Fuente: (Iñigo Madrigal & Vidal diarte, Ed. 2004)

Eslabones y Articulaciones

Los eslabones son los componentes rígidos del brazo manipulador, los cuales se conectan por medio de articulaciones que permiten el movimiento relativo entre ellos.

Las articulaciones se clasifican según el tipo de movimiento que permiten realizar entre los eslabones del robot, existen dos tipos de articulación que permiten movimientos traslacionales y tres, movimientos rotacionales cómo se observa en la Figura 2. Tipos de articulaciones Fuente: .

Generalmente los robots industriales son clasificados de acuerdo a la cantidad de articulaciones (también llamadas juntas) que poseen y a la forma en la cual estas configuran el cuerpo; cada articulación da al robot un “grado de libertad” de movimiento, siempre y cuando estas no se hayan dispuesto en posición análoga (una tras otra) caso en el cual únicamente se mejora el alcance de los movimientos sin añadir un grado de libertad adicional. (Craig, 2006)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

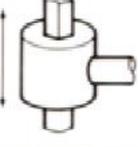
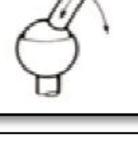
ESQUEMA	ARTICULACION	GRADOS LIBERTAD
	ROTACION	1
	PRISMATICA	1
	CILINDRICA	2
	PLANAR	2
	ESFERICA (ROTULA)	3

Figura 2. Tipos de articulaciones Fuente: (Craig, 2006).

4.2.2.2 Elementos terminales

Un elemento terminal se define como el órgano de aprehensión sujetado a la muñeca del robot, diseñado y fabricado para efectuar la manipulación o el soporte de la herramienta necesaria para la realización del trabajo asignado.

Los elementos terminales se dividen en dos categorías: elementos de sujeción (pinzas, ventosas, ganchos o palas) y herramientas (pistola para soldadura, soplete, herramientas de corte, láser, entre otros) (Iñigo Madrigal & Vidal diarte, Ed. 2004) .

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

6. Metodología

El proyecto se desarrolló de acuerdo con las siguientes etapas:

6.1. Lectura del manual.

En esta etapa se estudió el manual de programación básica para operadores NX100 (MOTOMAN., 2004) para aprender los conceptos básicos.

6.2. Capacitaciones.

En esta etapa se recibió capacitación por personal experimentado de la planta INORCA S.A.S. de Miranda, Valle. También se recibieron diez horas de capacitación por la empresa IMOCON representante legal de MOTOMAN en Colombia para aprender a registrar un nuevo programa, agregar y modificar una trayectoria, organizar los subprogramas en el programa principal e identificar las fallas que presente la celda.

6.3. Evaluación y generación del concepto.

En esta etapa se estudió el proceso echo manualmente al detalle por medio de un seguimiento conversacional (mediante el dialogo con los operarios (*Figura 3.* Proceso de traviesas manualmente., escuchando sus experiencias a la hora de soldar y recomendaciones) y seguimiento observacional de las traviesas para determinar fallas que no hayan sido identificadas anteriormente por parte del personal que normalmente labora en el proceso. El seguimiento antes descrito tuvo una duración de 2 semanas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

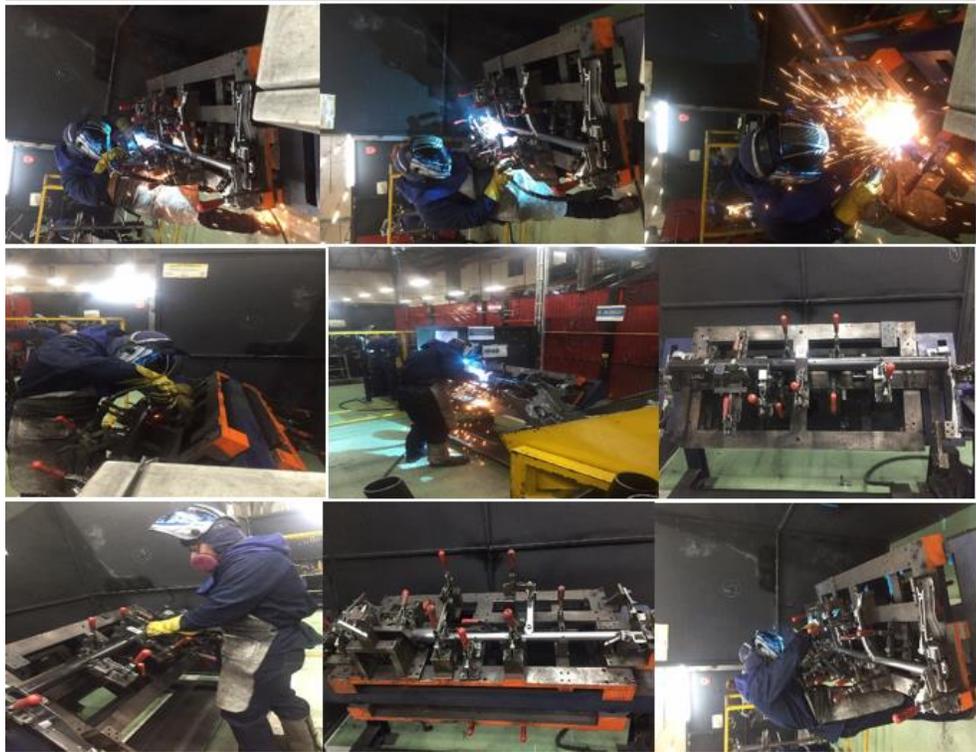
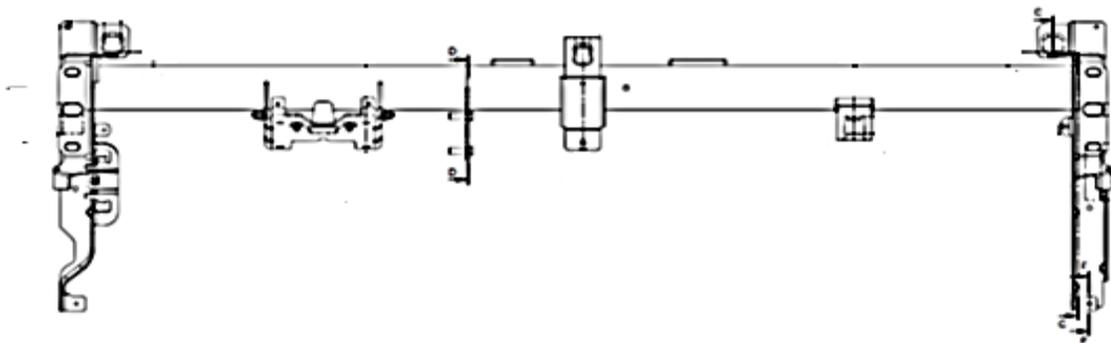


Figura 3. Proceso de traviesas manualmente.

Adicionalmente se estudia la traviesa H79 (Figura 4. Traviesa de H79. Fuente: INORCA S.A.S.) y la traviesa X52 (Figura 5. Traviesa de X52. Fuente: INORCA S.A.S.) para observar las especificaciones de cada uno de los cordones (diámetro (cordones circulares), longitud (cordones lineales) y espesor) y determinar las juntas a las que se les aplica la soldadura MIG para definir el amperaje y voltaje de cada cordón por medio de ensayo y error.



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 4. Travesía de H79. Fuente: INORCA S.A.S.

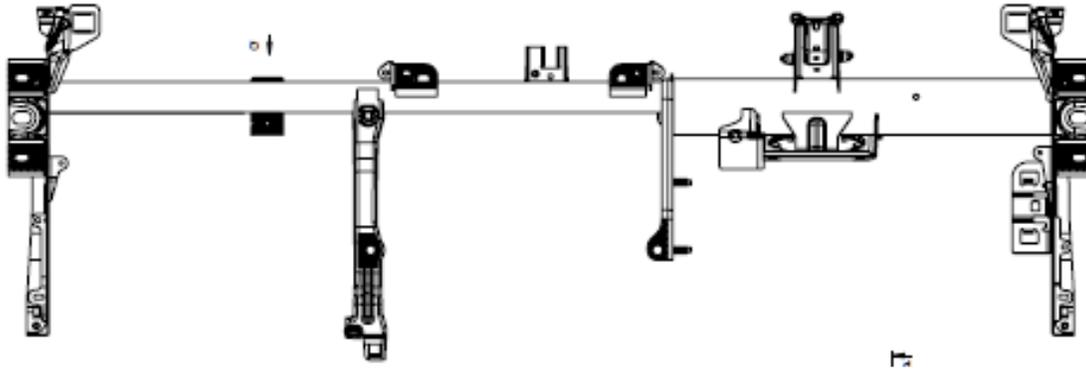


Figura 5. Travesía de X52. Fuente: INORCA S.A.S.

6.4. Adecuación y puesta a punto de la celda.

En esta etapa se enciende la celda y para garantizar el buen funcionamiento de los manipuladores y que no se presente ninguna alarma de falla y para una puesta en marcha correcta y una implementación óptima durante el proceso. Esto se garantiza comprobando que las fuentes estén en perfecto estado, que la presión del agamix esté por encima 12 bares y que la mesa de trabajo tenga la presión del aire en 6 bares para que no presente alarma.

Luego, se realiza la medición del flujo del gas en la salida del robot la cual debe de estar en 15 L/Min usando una probeta para no generar poro en la soldadura y se realiza el cambio del tubo de contacto, el cual debe tener un diámetro mínimo de 0.94 mm y máximo de 1.24 mm.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

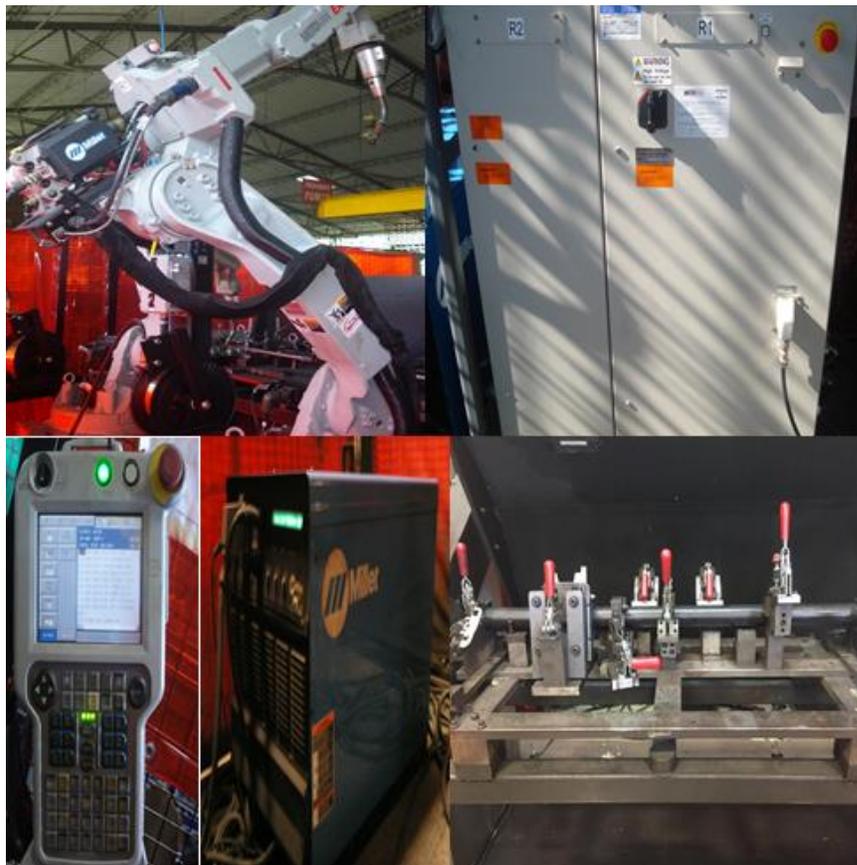


Figura 6. Componentes de la celda. Fuente: INORCA S.A.S.

6.5. Montaje de las piezas en las guías.

Inspeccionar que las piezas se encuentren en buen estado según el estándar establecido por Renault Sofasa. Para cumplir con los requerimientos e indicaciones establecidas como (calidad de la materia prima, conformidades geométricas de las piezas y el estado de las prensas), se ubican las piezas a soldar en cada guía de ellas y posterior a esto se verifica que todas las prensas estén ajustadas para prevenir colisión en los manipuladores. Finalmente, verificar que el sensor de barrera no esté obstruido por algún elemento físico que evite el paro inmediato del proceso. El estado ideal y ubicación de las piezas se ilustran en la *Figura 7*. Ubicación de piezas en guías.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 7. Ubicación de piezas en guías.

6.6. Definición de trayectorias en subprogramas.

En esta etapa del proyecto se da inicio al desarrollo de las trayectorias manualmente de cada uno de los manipuladores en las juntas a soldar de las traviesas para realizar la sincronización de ambos brazos para evitar accidentes. Para lo anterior se tienen en cuenta todos los parámetros de seguridad (manipuladores deben tener una distancia mínima de 2 cm para evitar que los sensores magnéticos se activen y frenen el proceso, no tener ningún contacto con las piezas y guías para evitar colisiones y mantener la punta de contacto limpia para evitar alarma por arco fallido) y de funcionamiento de los manipuladores, como se pueden ver en la *Figura 8*. Subprogramas de los

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

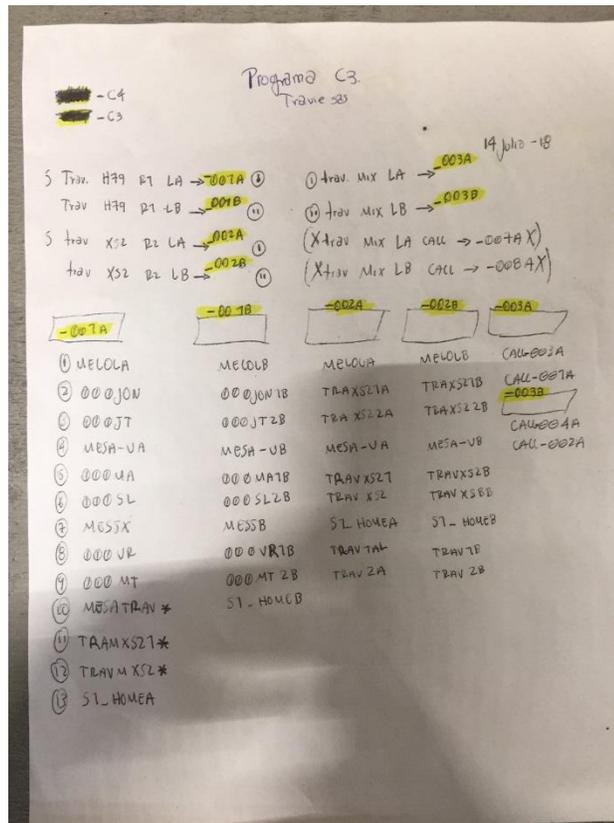


Figura 8. Subprogramas de los manipuladores.

6.7. Programa principal.

En esta etapa se unen todos los subprogramas de los manipuladores para desarrollar el programa principal para posteriormente ejecutar la celda en modo automático y comenzar la unión de las juntas por medio de soldadura MIG por arco eléctrico.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

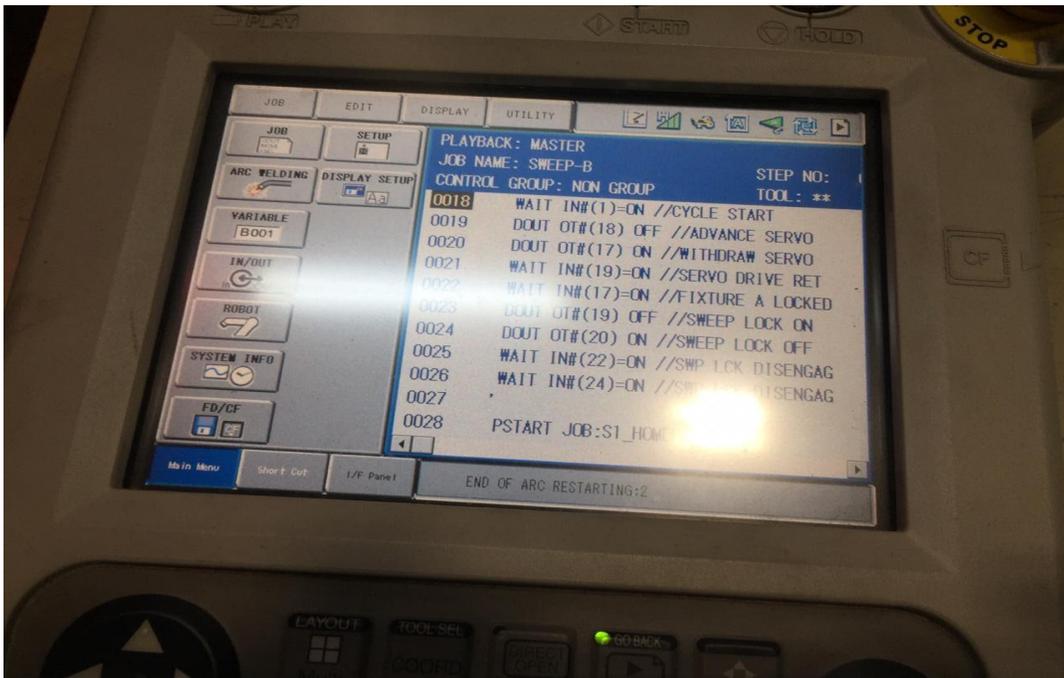


Figura 9. Programa principal.

6.8. Verificación de trayectorias manualmente.

En esta etapa se verifica manualmente las trayectorias de cada uno de los manipuladores en cada junta a soldar, comprobando que la tobera se encuentre centrada entre las dos piezas para que la soldadura no quede desplazada y garantizar una buena fusión de estas. Ver Figura 10. Verificación de trayectorias.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 10. Verificación de trayectorias.

6.9. Proyección de soldadura.

Se realizan proyecciones con los manipuladores en el proceso para verificar si el cordón cumple con los parámetros establecidos (penetración de la soldadura, ubicación y medida del cordón, porosidad y abultamiento). El proceso de verificación se puede observar en la *Figura 11*.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 11. Verificación de cordones de soldadura.

6.10. Desmontaje de la pieza.

En esta etapa se realiza la liberación de las prensas que sostienen la pieza soldada, esta sufre un proceso de verificación donde se inspecciona que la proyección de la soldadura de las juntas y la escoria resultante del proceso de soldadura es retirada con un cincel realizadas por los manipuladores cuenta con los estándares especificados antes de ser enviadas al departamento de calidad. La terminación de las piezas se puede observar en la *Figura 12*.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 12. Piezas desmontadas de las guías.

6.11. Inspección de pieza por el departamento de calidad.

En esta etapa se verifica y se miden cada uno de los cordones con unas galgas para ver si cumplen con el estándar requerido por Renault sofasa, también se le realiza una prueba de macrografía para verificar que la pieza no tenga sobre penetración en el material y se realiza una prueba destructiva para corroborar que la soldadura no se fracture.

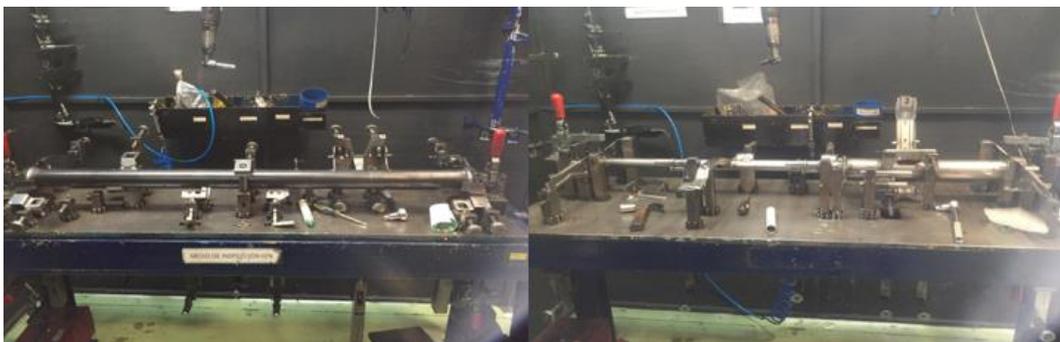


Figura 13. Inspección de piezas en medios de calidad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

7. Resultados y discusión

Se construyó un programa para la celda con la función de soldar traviesas de H79 Y X52, con la descripción de cada uno de sus programas, detallada en la Tabla 1 y 2.

En las figuras 14 a 18 se pueden observar las traviesas totalmente terminadas, cumpliendo con todas las especificaciones impuestas por Renault sofasa, en donde, se valida la montabilidad de la pieza en el vehículo, quedando con una apariencia estética satisfactoria. De igual manera, el producto final con todos sus componentes, es decir, luego del ensamblado, cumple con todos los estándares de calidad, seguridad y reglamentación según el país al que se exporta el vehículo.

Tabla 1

Características de cada programa del lado A

LADO A		
NUMERO	REFERENCIA DEL PRODUCTO	NOMBRE DEL PROGRAMA
1	TRAVIESA DE H79	-001A
2	TRAVIESA DE X52	-002A
3	MIX DE TRAVIESA DE H79 Y X52	-003A

Tabla 2

Características de cada programa del lado B

LADO B		
NUMERO	REFERENCIA DEL PRODUCTO	NOMBRE DEL PROGRAMA
1	TRAVIESA DE H79	-001B
2	TRAVIESA DE X52	-002B
3	MIX DE TRAVIESA DE H79 Y X52	-003B

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

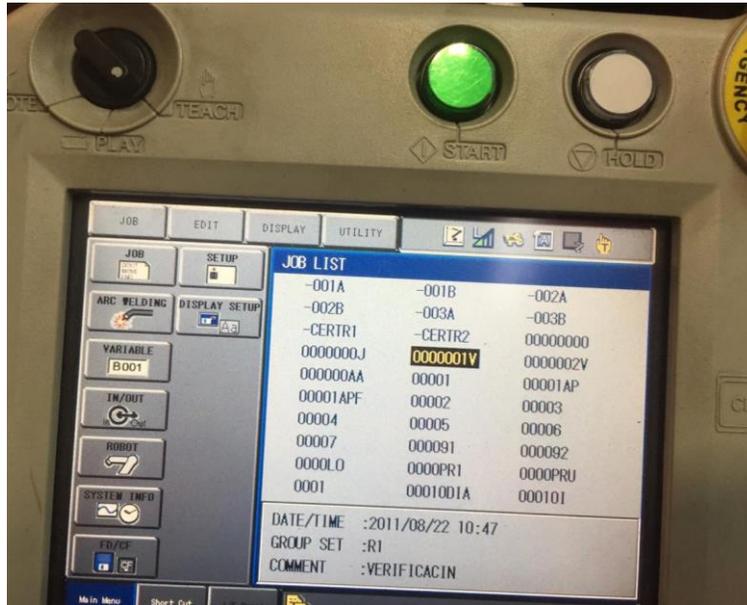


Figura 14. Programas en el controlador

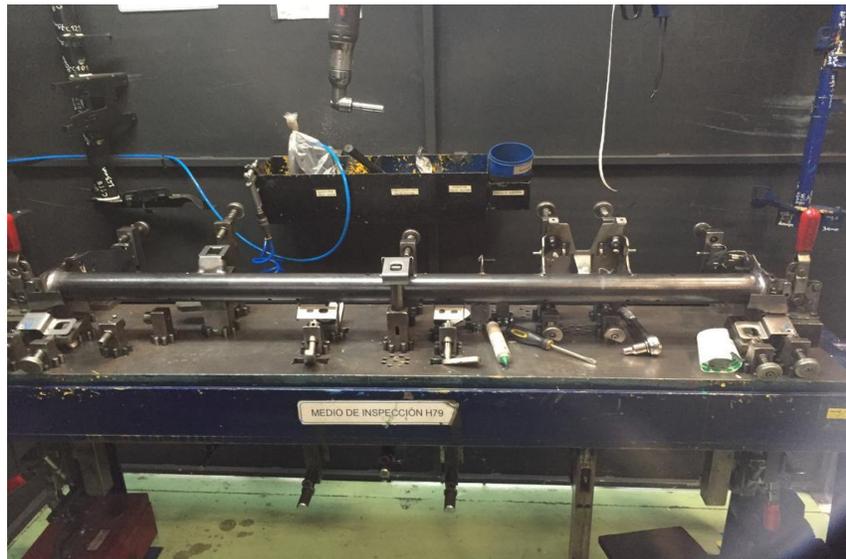


Figura 15. Inspección final de traviesa H79 por calidad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

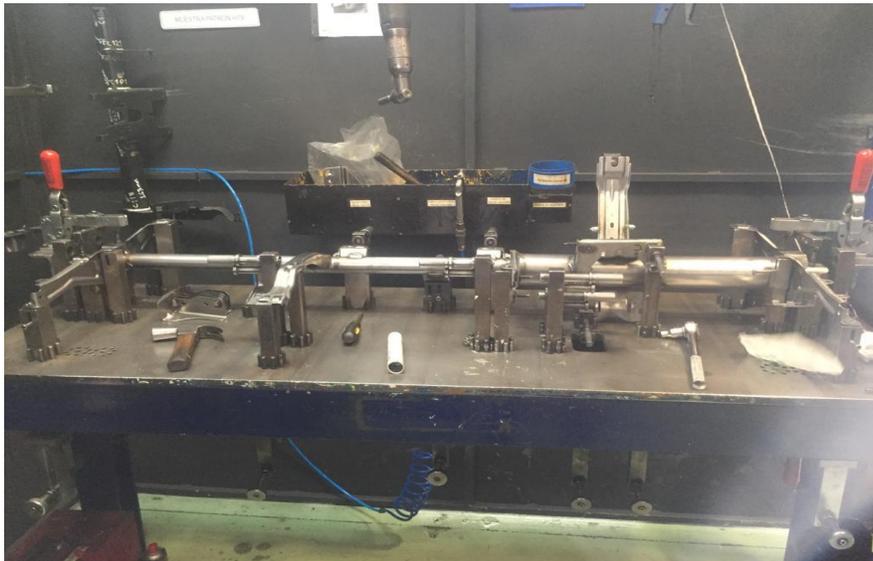


Figura 16. Inspección final de traviesa X52 por calidad.



Figura 17. Traviesa final de H79 para ser llevada a línea de ensamble.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 18. Travesía final de X52 para ser llevada a línea de ensamble.

Después de realizar pruebas de macrografía, medición y de destrucción, se comprobó que el desempeño de la celda se encuentra con una buena confiabilidad pasando de un 75% a 85%, también se logró disminuir el tiempo de producción de la pieza de 5 minutos con 10 segundos manualmente a 2 minutos con 40 segundos con la celda robótica.

Durante el proceso de programación se presentaron inconvenientes, debido a que las guías no cumplían con la metrología, por lo tanto, fue necesario ajustarlas lo que se puede observar en la *Figura 19*.



Figura 19. Ajuste de bloques.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El costo estimado de ahorro para la empresa está entre 20.000.000 y 40.000.000 millones de pesos colombianos. Por tanto, se verifica la contribución del trabajo y las ventajas para la empresa, porque al ser una empresa pequeña se buscaba la mejor opción desde el punto de vista operativo y económico.

Finalmente, en el proceso de programación de la celda y realización de pruebas, se contó con la participación de todos los integrantes de planta de la empresa. De esta forma, se aseguró que dichos empleados conocerían el funcionamiento y operación de la celda.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

8. Conclusiones

- La programación de la celda cumple con los requisitos predeterminados de diseño y desempeño, supliendo las necesidades detectadas para el desarrollo de las actividades y trabajos que se ejecutan en INORCA S.A.S.
- Las pruebas realizadas con la celda consistieron en soldar los dos tipos de traviesas. En todas las pruebas la celda mostró un desempeño satisfactorio cumpliendo con los parámetros de establecidos.
- Se logro aumentar la confiabilidad del producto final de un 75% a un 85% con la celda.
- Se logró disminuir el tiempo de producción de la pieza de 5 minutos con 10 segundos manualmente a 2 minutos con 40 segundos con la celda robótica.
- Se logro aumentar la producción en el proceso de 94 traviesas en ocho horas manualmente a 200 traviesas en las mismas horas con la celda, lo que obligo a eliminar uno de los tres turnos logrando un ahorro sustancial para la compañía.
- Se concluye que la decisión de programar la celda en vez de solicitar el servicio fue acertada, luego de valorar su desempeño en contraste con el costo, salvaguardando de gastos innecesarios.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

9. Recomendaciones

- Luego de observar y analizar el proceso de la celda, se recomienda automatizar las guías, con esto se pretende evitar colisiones entre los manipuladores.
- Elaborar un manual de seguridad de la celda, así como los instructivos donde se limite al uso exclusivo en trabajos predefinidos y para los cuales ha sido diseñada.
- Utilizar las protecciones debidas para manipulación de las partes y piezas a trabajar, tener en cuenta las normas de seguridad industrial.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

10. Trabajo futuro

- Realizar seguimiento al desface de cada uno de los robots, registrando en una bitácora, las fechas de corrección para mediante un análisis retrospectivo, prever el tiempo de calibración, minimizando el riesgo de fabricar piezas no conformes y que no pueda ser operada por dichos desfaces.
- Elaborar la interfaz para que la celda pueda ser monitoreada remotamente desde la oficina.
- Realizar el cambio de las fuentes Miller por fuentes Fronius el cual no produce escoria y puede ayudar a mejorar el resultado final del producto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Referencias

Craig, J. J. (2006). *Robótica (3ra. ed.)*. Prentice Hall.

INORCA. (julio de 2012). *INORCA*. Obtenido de <https://www.inorca.com/home>

Iñigo Madrigal, R., & Vidal diarte. (Ed. 2004). *Robots Industriales Manipuladores (1ra ed.)*. Alfa Omega.

MOTOMAN., Y. (15 de Septiembre de 2004). Manual de programación basica para operadores NX100. Aguascalientes, México. Obtenido de <https://vdocuments.mx/manual-de-programacion-basica-para-operadores-nx100.html>

Restrepo, J. H. (Diciembre de 2008). *Universidad Tecnológica de Pereira*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/849/84920454020/>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES Juan Pablo M.

FIRMA ASESOR

[Handwritten Signature]

Entrega Informe Práctica Profesional.

FECHA ENTREGA: 25/01/2019.

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO__ ACEPTADO__ ACEPTADO CON MODIFICACIONES_____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____