



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería

Ingeniería en Automatización

**Desarrollo e implementación de un sistema IoT para
una máquina medidora-cortadora de cable.**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el título de

Ingeniero en Automatización

Presenta:

Gerardo Vizcaya Nieto

Dirigido por:

Dr. Juan Manuel Ramos Arreguin

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Abril del 2020
México



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Ingeniería en Automatización

**Desarrollo e implementación de un sistema IoT para una
máquina medidora-cortadora de cable.**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el título de
Ingeniero en Automatización

Presenta:

Gerardo Vizcaya Nieto

Dirigido por:

Dr. Juan Manuel Ramos Arreguín

Dr. Juan Manuel Ramos Arreguín

Presidente

Firma

Dr. Dimas Talavera Velázquez

Secretario

Firma

Dr. Jesús Carlos Pedraza Ortega

Vocal

Firma

Dr. Efrén Gorrostieta Hurtado

Suplente

Firma

Dr. Manuel Toledano Ayala
Director de la Facultad

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Abril del 2020
México

DEDICATORIA

Por todo el apoyo que he recibido de cada uno de ellos, dedico este trabajo a mis padres y a mis hermanos.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Juan Manuel Ramos Arreguín por su apoyo y orientación en todo momento para la realización de este proyecto.

A mis maestros y asesores de tesis, por todos sus consejos y ayuda que me brindaron.

A todos mis amigos y futuros colegas por el apoyo recibido.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| DEDICATORIA | I |
| AGRADECIMIENTOS..... | II |
| Capítulo 1. Introducción..... | 6 |
| 1.1. Antecedentes..... | 6 |
| 1.2. Descripción Del Problema | 8 |
| 1.3. Justificación..... | 9 |
| 1.4. Objetivos | 10 |
| 1.4.1. Objetivo General..... | 10 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos | 10 |
| Capítulo 2. Marco Teórico..... | 12 |
| 2.1. Sistemas Operativos Móviles..... | 12 |
| 2.1.1. Android..... | 14 |
| 2.1.2. iOS de Apple | 14 |
| 2.1.3. Windows Phone..... | 15 |
| 2.1.4. Blackberry OS | 15 |
| 2.1.5. Symbian OS | 16 |
| 2.2. Sistema Operativo Android..... | 16 |
| 2.2.1. ¿Qué Hace Que Android Sea Especial?..... | 16 |
| 2.2.2. Versiones de Android | 17 |
| 2.3. Plataformas De Programación..... | 18 |
| 2.3.1. Android Studio..... | 18 |
| 2.3.2. Eclipse..... | 19 |
| 2.3.3. App Inventor | 20 |
| 2.3.4. B4A (Basic for Android) | 21 |
| 2.4. Bluetooth | 22 |
| 2.4.1. Módulo Bluetooth HC-05 | 25 |
| 2.5. Industria 4.0: La Cuarta Revolución Industrial..... | 27 |
| 2.5.1. Orígenes Del Concepto | 28 |
| 2.5.2. La Industria 4.0 En México | 30 |
| 2.6. Internet De Las Cosas (IoT)..... | 32 |
| 2.7. Dispositivos Móviles Y La Industria 4.0..... | 34 |
| 2.7.1. Automatización Con Dispositivos Móviles..... | 34 |

| | | |
|-------------|--|----|
| 2.8. | Sistemas De Medición Y Corte De Cable | 37 |
| 2.8.1. | Artos Engineering Company | 37 |
| 2.8.2. | Schleuniger North America | 39 |
| Capítulo 3. | Metodología..... | 41 |
| 3.1. | Análisis De Requerimientos De La Máquina..... | 41 |
| 3.2. | Diseño De La Interfaz Gráfica De Usuario (GUI) | 43 |
| 3.3. | Definición Del Protocolo De Comunicación..... | 44 |
| 3.4. | Programación | 44 |
| 3.5. | Pruebas De Comunicación | 44 |
| 3.6. | Integración Del Sistema..... | 45 |
| 3.7. | Análisis De Pruebas | 45 |
| Capítulo 4. | Resultados | 46 |
| 4.1. | Interfaz Gráfica De Usuario en Android | 46 |
| 4.1.1. | Elegir Dispositivo Bluetooth | 48 |
| 4.1.2. | Pantalla Principal..... | 49 |
| 4.1.3. | Ciclo de Corte..... | 49 |
| 4.1.4. | Movimiento Libre | 52 |
| 4.1.5. | Historial | 54 |
| 4.1.6. | Acerca de | 54 |
| 4.2. | Comunicación..... | 56 |
| 4.2.1. | Comunicación Bluetooth..... | 56 |
| 4.2.2. | Comunicación Wi-Fi y Red Celular | 67 |
| 4.3. | Historial de Eventos..... | 68 |
| 4.4. | Análisis De Las Pruebas De Corte..... | 70 |
| Capítulo 5. | Conclusiones..... | 74 |
| Referencias | | 76 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-------------------|--|----|
| Figura 1. | Porcentaje de teléfonos inteligentes vendidos en todo el mundo hasta el primer trimestre de 2018, según su sistema operativo (Androidcurso.com, 2020). | 13 |
| Figura 2. | Logotipo de Android (Android, 2020). | 14 |
| Figura 3. | Logo de iOS (Enmbl.com, 2020). | 14 |
| Figura 4. | Logotipo de Windows Phone (Logodix.com, 2020). | 15 |
| Figura 5. | Logotipo de Blackberry (F., 2020). | 15 |
| Figura 6. | Logotipo de Symbian (VIX, 2020). | 16 |
| Figura 7. | Logotipo de Android Studio (Android Developers, 2020). | 18 |
| Figura 8. | Logotipo de Eclipse (Gala, 2020). | 20 |
| Figura 9. | Logotipo de App Inventor (Appinventor.mit.edu, 2020). | 20 |
| Figura 10. | Interfaz de programación de App Inventor (Appinventor.mit.edu, 2020). | 21 |
| Figura 11. | Logotipo de B4A (Pinterest, 2020). | 22 |
| Figura 12. | Logotipo de Bluetooth (Logosmarcas.com, 2020). | 22 |
| Figura 13. | Dispositivos en red Bluetooth (CASADOMO, 2020). | 23 |
| Figura 14. | Origen del logotipo de Bluetooth (T13.cl, 2020). | 24 |
| Figura 15. | Módulo Bluetooth modelo HC-05 (HC05, 2020). | 25 |
| Figura 16. | Las Revoluciones Industriales (Maynard, 2020). | 29 |
| Figura 17. | Pilares de la Industria 4.0 (Basco, et. al., 2018). | 29 |
| Figura 18. | Concepto de IoT (Cambiodigital-ol.com, 2020). | 33 |
| Figura 19. | Automatización con dispositivos móviles (García, 2020). | 35 |
| Figura 20. | 5-725 / 45-730 Wire Prepper Lite (Artosengineering.com., 2019). | 38 |
| Figura 21. | EcoCut 3200 (Schleuniger.com., 2020). | 39 |
| Figura 22. | Metodología general del proyecto. | 41 |
| Figura 23. | Metodología del desarrollo de la GUI. | 43 |
| Figura 24. | Diagrama de flujo general de la GUI. | 46 |
| Figura 25. | Versión de Android Studio utilizada en el proyecto. | 47 |
| Figura 26. | Características de la PC utilizada en el proyecto. | 47 |
| Figura 27. | Pantalla de selección de dispositivo Bluetooth. | 48 |
| Figura 28. | Pantalla principal. | 49 |
| Figura 29. | Diagrama de flujo de ciclo de corte. | 50 |
| Figura 30. | Pantalla 1 de ciclo de corte. | 51 |
| Figura 31. | Pantalla 2 de ciclo de corte. | 52 |

| | | |
|-------------------|--|----|
| Figura 32. | Diagrama de flujo de movimiento libre..... | 53 |
| Figura 33. | Pantalla de movimiento libre..... | 53 |
| Figura 34. | Diagrama de flujo del historial..... | 54 |
| Figura 35. | Pantalla del historial..... | 55 |
| Figura 36. | Pantalla de “acerca de” proyecto. | 55 |
| Figura 37. | Conexión HC-05 con el conversor USB-Serial (Naylampmechatronics.com, 2020). | 57 |
| Figura 38. | Parámetros del puerto serial..... | 58 |
| Figura 39. | Monitor serial..... | 58 |
| Figura 40. | Vinculación de máquina-dispositivo móvil..... | 60 |
| Figura 41. | Aplicación AMCM instalada. | 61 |
| Figura 42. | Pantalla de solicitud para encender Bluetooth. | 61 |
| Figura 43. | Lista de dispositivos vinculados. | 62 |
| Figura 44. | Pantalla principal. | 62 |
| Figura 45. | Ciclo de corte: proceso completo..... | 64 |
| Figura 46. | Ciclo de corte: paro de emergencia. | 65 |
| Figura 47. | Movimiento libre: proceso completo..... | 65 |
| Figura 48. | Pantalla de fallo de la conexión Bluetooth. | 66 |
| Figura 49. | Pantalla de fallo de la conexión a Internet. | 67 |
| Figura 50. | Historial de eventos en aplicación..... | 68 |
| Figura 51. | Historial de eventos en página web. | 69 |
| Figura 52. | Pruebas de corte. | 70 |
| Figura 53. | Informe de medición en 30 cm..... | 71 |
| Figura 54. | Informe de capacidad de proceso de medición en 30 cm. | 72 |
| Figura 55. | Máquina Medidora-Cortadora de Cable – Modelo Impreso en 3D. | 73 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 1. | Versiones de Android (Es.wikipedia.org, 2020)..... | 18 |
| Tabla 2. | Comandos para comunicación Bluetooth..... | 44 |
| Tabla 3. | Medición en 30 cm..... | 71 |

Dirección General de Bibliotecas UAQ

Capítulo 1. Introducción

1.1. Antecedentes

Hoy en día los dispositivos móviles (DM) tienen una gran importancia en nuestra vida, tanto en el entorno personal, como en el profesional, todo esto debido a que ponen a nuestra disposición tecnologías como lo es la conexión WiFi, Bluetooth y un sistema operativo muy poderoso e intuitivo como lo es Android. Todo lo anterior, unido al auge que está teniendo el Internet de las Cosas (IoT), así como el desarrollo de la Industria 4.0, nos permite el poder hacer varias aplicaciones sobre todo en el control y monitoreo de sensores, dispositivos, máquinas o sistemas electromecánicos en general.

A continuación, mencionaremos algunas de las aplicaciones y trabajos que tienen un enfoque con el proyecto que se desea realizar.

En 1970 Carl, Allen E. patenta un aparato para medir y cortar longitudes de cable basado en pares de rodillos que sujetan el cable y lo transporta por un medio de guía para ser cortado (Carl, 1970).

En 1971 Scher patenta una máquina de medición de cable basada en una unidad de medición giratoria de precisión (Scher, 1971).

En 1972 Gudmestad patenta un aparato de medición y corte de longitud de cable implementado por dos estaciones de control, una fija y una deslizable, la distancia entre estas definía el largo del cable a cortar (Gudmestad, 1972).

En 1974 Gudmestad patenta una máquina de corte y pelado de cable eléctrico, la cual controlaba la longitud del cable a cortar mediante un sistema mecánico (Gudmestad, 1974).

Capítulo 1. Introducción

En 1984 Ducret patenta una máquina automática de medición y corte de cables eléctricos, la cual estaba diseñada para cortar cables de gran longitud (Ducret, 1984).

En 2012 se presentó un sistema de monitoreo y control remoto de procesos industriales a través de una red inalámbrica en la plataforma Android (Truong, et. al., 2012).

En 2013 se dio a conocer un sistema de control integrado y monitoreo para un entorno industrial basado en Android (Lian, et. al., 2013).

En 2013 también se desarrolló un sistema de monitoreo y control de invernadero utilizando una aplicación móvil de Android (Hanggoro, et. al., 2013).

En 2014 se presentó un sistema de control automatizado para casas inteligentes con aplicación Android y microcontroladores (Mowad, et. al., 2014).

En 2014 también se dió a conocer un control remoto de un robot usando un dispositivo móvil Android (Nádvorník, et. al., 2014).

En 2015 se dio a conocer la implementación de una aplicación para un cuarto de control en plataforma Android. Se diseñó para aplicaciones industriales (Alexander, 2015).

En 2016 se presentó el desarrollo de un sistema de automatización industrial usando el Internet de las Cosas (IoT) (Deshpande, et. al., 2016).

En 2017 se presentó un sistema embebido de monitoreo de procesos industriales usando IoT (Shinde, et. al., 2017).

Desde 1918 hasta la actualidad, Artos Engineering Company comercializa varios modelos de máquinas para la medición y corte de cable con diferentes características y dirigidas a diferentes tipos de industrias (Artosengineering.com, 2019).

Además de todo lo anterior, cabe mencionar que el desarrollo de aplicaciones en DM para el control y monitoreo de máquinas y/o sistemas embebidos, se está aplicando en muchas áreas de la ciencia, como lo son: industria 4.0, domótica (casas inteligentes e invernaderos), la medicina, sistemas autónomos, entre otros.

Cabe mencionar que el prototipo para el cual se está desarrollando la aplicación se ha estado desarrollando a partir del tercer semestre de la carrera, en colaboración con los compañeros Brandon Constantino Rodríguez y Héctor Eduardo Oliván González. Para los propósitos de obtención de grado, la tesis se enfoca en el desarrollo de la GUI.

1.2. Descripción Del Problema

El desarrollo de este proyecto radica en dos aspectos: El primero de ellos es, que todos los equipos que se utilizan en la industria para medir y cortar cable provienen del extranjero, lo que resulta en altos costos, especialmente en caso de requerir algún servicio posventa, dado que debe venir gente del extranjero a dar ese tipo de mantenimientos. El segundo es, que se tiene el auge de la industria 4.0, donde determinados procesos pueden ser monitoreados o controlados por un sistema IoT. Debido a lo anterior, es necesario integrar la instrumentación con sistemas IoT para su aplicación en el desarrollo de sistemas con tendencia a la Industria 4.0, siempre y cuando su naturaleza lo permita.

El IoT ha impulsado una “revolución” en varias áreas de la ingeniería, estableciendo que cualquier dispositivo o máquina tenga una mayor

interacción con el usuario por redes inalámbricas o protocolos de internet. Cuando el IoT se aplica a procesos industriales, se puede decir que se está trabajando con Industria 4.0.

Por consecuencia, al pretender desarrollar una máquina medidora-cortadora de cable para aplicaciones industriales, resulta indispensable dotarla con una interfaz de monitoreo y control basada en protocolos inalámbricos como lo son Bluetooth y WiFi en un dispositivo móvil. En este caso, se limita al uso de Android. Esto permite tener un mayor valor a nuestro prototipo y de esta manera sobresalir ante la competencia que actualmente hay en el mercado nacional e internacional.

También me permite demostrar en gran medida el conocimiento y las competencias que he adquirido a lo largo de mi formación profesional en ingeniería. Además, con este proyecto se denotará la cultura de vinculación social que la Facultad de Ingeniería desarrolla entre sus integrantes.

1.3. Justificación

En la actualidad, las tecnologías como Bluetooth o WiFi, y los DM han adquirido una gran importancia en todos los ámbitos de nuestra vida, lo que hace atractivo, explotar los recursos de estas tecnologías para desarrollar una interfaz de control programando una aplicación en Android Studio que utilice los recursos de los DM para el control y monitoreo de una máquina medidora-cortadora de cable.

Las máquinas cortadoras de cable son dispositivos electromecánicos empleados actualmente en muchos campos de la industria de los arneses eléctricos como lo son: la automotriz, aeronáutica, robótica, entre otras, pero que hasta ahora no se han desarrollado en México, a pesar de la importante presencia de estas industrias a lo largo del territorio nacional, principalmente en el centro del país.

Lo anterior sustenta la propuesta planteada sobre el desarrollo de una máquina medidora-cortadora de cable, con una interfaz de control y monitoreo remoto en un dispositivo móvil. De esta manera, se aplica el concepto de IoT, con un enfoque hacia la Industria 4.0, impulsando el desarrollo de tecnología nacional, dirigida al manejo de sistemas para medir y cortar longitud de cable.

Considerando que, al adquirir una máquina de este tipo en el extranjero, se tienen gastos de envío, pago de impuestos aduanales, y en especial, el pago a técnicos especializados para el mantenimiento preventivo y correctivo resulta en un costo bastante alto. Es importante mencionar que los equipos importados que se han mencionado, son de arquitectura cerrada, y por lo tanto no es posible realizar actualizaciones o mantenimiento al software.

Al desarrollar tecnología nacional va a permitir ofrecer soluciones más económicas e innovadoras a la industria de la manufactura de arneses, a menores costos que al adquirir una máquina similar en el extranjero. Esta tecnología se considera que puede ser de arquitectura abierta con fines académicos o industriales.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar e implementar una interfaz de usuario en Android para el control y monitoreo de una máquina medidora-cortadora de cable utilizando DM.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a) Desarrollar una aplicación en Android para control y monitoreo remoto de una máquina medidora-cortadora de cable utilizando Android Studio.
- b) Implementar el concepto de IoT en una máquina electromecánica para un enfoque de Industria 4.0 utilizando sistemas WiFi.

Capítulo 1. Introducción

- c) Utilizar comunicación Bluetooth para que no se pierda funcionalidad en caso de pérdida de conexión a internet.
- d) Resolver el problema de la medición y corte de cable para su uso en la fabricación de arneses industriales validándolo mediante un análisis estadístico.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1. Sistemas Operativos Móviles

Los sistemas operativos para DM es software que se usa, para darles el término de Teléfonos Inteligentes (smartphones). Este software es el responsable de hacer funcionar al microprocesador para que se ejecuten las aplicaciones que contiene el dispositivo. El funcionamiento es el mismo que el que tiene una Computadora Personal (PC). Algunos ejemplos de sistemas operativos son: Android, Linux, Windows, iOS, entre otros. Sin embargo, el Sistema Operativo (SO) de un Dispositivo Móvil (DM), tiene características más reducidas que el de una PC, debido a que el hardware está más limitado en un DM que en una PC. Debido al amplio uso actual de los DM, cada día cobra más importancia los SO dedicados a ellos, así como el desarrollo de aplicaciones.

La venta de DM a nivel mundial, está distribuida de acuerdo a marca y sistema operativo. Por ejemplo, Castellanos menciona que en el primer trimestre del 2016, las ventas por sistema operativo de DM es el siguiente (Castellanos, 2020):

- Android 84,1 %
- iOS 14,8 %
- Windows Phone 0,7 %
- BlackBerry OS 0,2 %
- Otros 0,2 %

En la Figura 1 podemos ver un estudio realizado por la empresa Gartner Group, donde se muestra la evolución del mercado de los sistemas operativos para DM según el número de terminales vendidos. Se puede observar la desaparición notable de Symbian de Nokia, el declive de BlackBerry, el estancamiento de

Windows y el afianzamiento del mercado de Apple. En la figura se muestra como Apple consigue anualmente un aumento de ventas con el lanzamiento de un DM nuevo. Se puede señalar el pronunciado ascenso de Android, que en cinco años ha alcanzado liderar el mercado en un 80%.

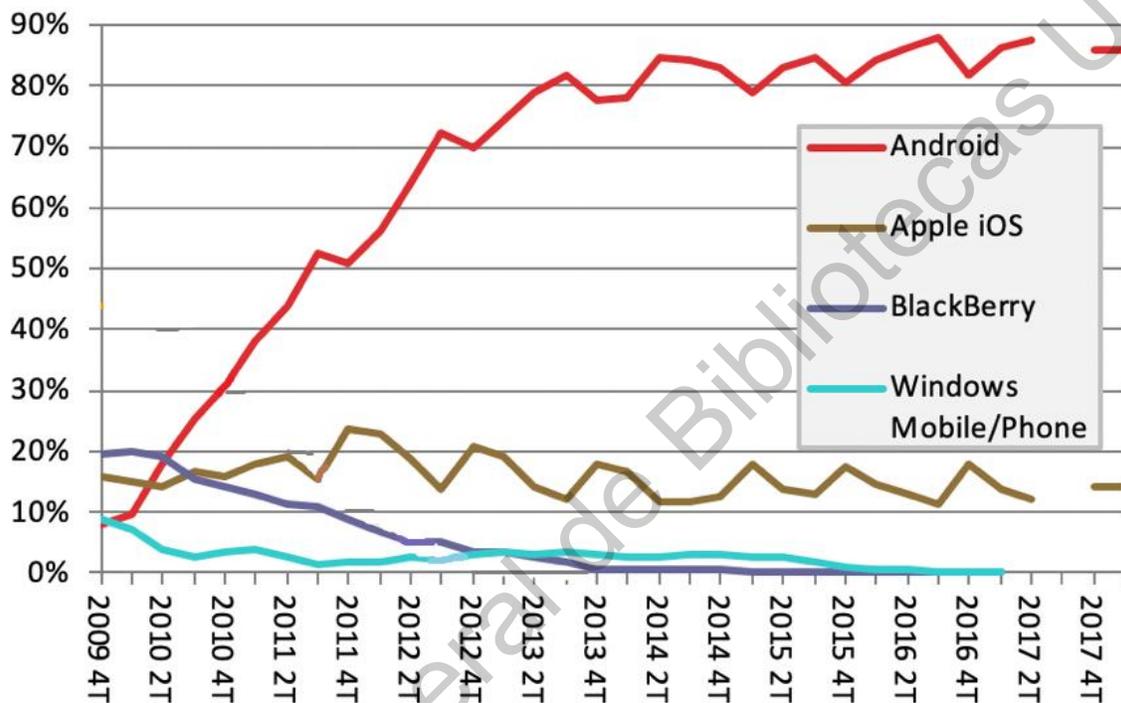


Figura 1. Porcentaje de teléfonos inteligentes vendidos en todo el mundo hasta el primer trimestre de 2018, según su sistema operativo (Androidcurso.com, 2020).

Android cuenta con la mayor cuota de ventas en el mercado, en 2011 experimentó un creciente aumento y en solo dos años pasó a ser el SO móvil más utilizado en el mundo.

Los 5 sistemas operativos para DM más importantes dentro del mercado actual son:

2.1.1. Android

Actualmente Android es el líder del mercado móvil en SO, dicha plataforma está basada en Linux, diseñado para DM como los teléfonos inteligentes pero después se modificó para ser usado en tablets, el desarrollador de este S.O. es Google; con la creación de la Open Handset Alliance, compuesto por 78 compañías de hardware, software y telecomunicaciones dedicadas al desarrollo de estándares abiertos para celulares ayudó a Google a que su SO fuera usado por HTC, LG, Samsung, Motorola, etc. El logotipo característico de Android se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Logotipo de Android (Android, 2020).

2.1.2. iOS de Apple

Fue creado por Apple originalmente para el iPhone, después fue usado en el iPod Touch e iPad. Se lanzó en el 2007, su principal aportación es una combinación casi perfecta entre hardware y software y el manejo de la pantalla multitáctil entre otras. El logotipo característico de iOS de Apple se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Logo de iOS (Enmbl.com, 2020).

2.1.3. Windows Phone

También llamado Windows Mobile, es un SO móvil desarrollado por Microsoft, se basa en el núcleo de Windows CE y cuenta con aplicaciones básicas. Tiene un diseño parecido al escritorio de Windows además existe una gran oferta de aplicaciones disponibles en la tienda de Windows Marketplace. El logotipo característico de Windows Phone se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Logotipo de Windows Phone (Logodix.com, 2020).

2.1.4. Blackberry OS

Desarrollado por RIM (Research In Motion) una empresa canadiense para sus dispositivos móviles. Es un sistema multitarea que tiene soporte para diferentes métodos únicos de RIM. El logotipo característico de Blackberry se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Logotipo de Blackberry (F., 2020).

2.1.5. Symbian OS

Fue producto de la alianza de varias empresas como Nokia, Sony Ericsson, Samsung, Siemens, Benq, Fujitsu, Lenovo, LG, Motorola. Esta alianza le permitió ser uno de los pioneros y más usados, pero actualmente está discontinuado y sin soporte. El logotipo característico de Symbian se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Logotipo de Symbian (VIX, 2020).

2.2. Sistema Operativo Android

2.2.1. ¿Qué Hace Que Android Sea Especial?

Como se ha visto existen muchas plataformas para móviles (iPhone, Symbian, Windows Phone, BlackBerry, etc.); sin embargo Android presenta muchas características que lo hacen diferente a todos. Por ejemplo es el primero que combina, en una misma solución, las siguientes cualidades (Gironés, 2011):

- **Plataforma realmente abierta.** Es una plataforma de desarrollo libre basada en Linux y de código abierto. Una de sus grandes ventajas es que se puede usar y personalizar el sistema sin pagar regalías.
- **Portabilidad asegurada.** Las aplicaciones finales son desarrolladas en Java, lo que nos asegura que podrán ser ejecutadas en una gran variedad de dispositivos, tanto presentes como futuros. Esto es posible gracias al concepto de máquina virtual.

- **Arquitectura basada en componentes inspirados en Internet.** El diseño de la interfaz de usuario se hace en XML (Lenguaje de Marcado Extensible), lo que permite que una misma aplicación se ejecute en un móvil de pantalla reducida o en otra terminal.
- **Filosofía de dispositivo siempre conectado a Internet.**
- **Gran cantidad de servicios incorporados.** Por ejemplo, localización basada en GPS y redes, bases de datos con SQL, reconocimiento y síntesis de voz, navegador, multimedia, etc.
- **Nivel de seguridad aceptable.** Basado en el concepto de ejecución dentro de una caja que hereda de Linux. Cada aplicación dispone de una serie de permisos que limitan su actuación en servicios de localización, acceso a Internet, etc.
- **Optimizado para baja potencia y poca memoria.** Se trata de una implementación de Google de la máquina virtual de Java optimizada para DM.
- **Alta calidad de gráficos y sonido.** Gráficos inspirados en Flash y basados en OpenGL. Además incorpora los codees estándar más comunes de audio y vídeo.

En conclusión, Android nos ofrece una forma sencilla y novedosa de implementar potentes aplicaciones para DM.

2.2.2. Versiones de Android

En la Tabla 1 se muestra la línea de tiempo del desarrollo de las versiones de Android hasta la versión 10, que es la actual.

| Nombre | Versión | Fecha | API |
|--------------------|-------------|----------------|---------|
| Apple Pie | 1 | 23 / 09 / 2008 | 1 |
| Banana Bread | 1.1 | 09 / 02 / 2009 | 2 |
| Cupcake | 1.5 | 25 / 04 / 2009 | 3 |
| Donut | 1.6 | 15 / 09 / 2009 | 4 |
| Eclair | 2.0 – 2.1 | 26 / 10 / 2009 | 5 – 7 |
| Froyo | 2.2 – 2.2.3 | 20 / 05 / 2010 | 8 |
| Gingerbread | 2.3 – 2.3.7 | 06 / 12 / 2010 | 9 – 10 |
| Honeycomb | 3.0 – 3.2.6 | 22 / 02 / 2011 | 11 – 13 |
| Ice Cream Sandwich | 4.0 – 4.0.5 | 18 / 10 / 2011 | 14 – 15 |
| Jelly Bean | 4.1 – 4.3.1 | 09 / 07 / 2012 | 16 – 18 |
| KitKat | 4.4 – 4.4.4 | 31 / 10 / 2013 | 19 – 20 |
| Lollipop | 5.0 – 5.1.1 | 12 / 11 / 2014 | 21 – 22 |
| Marshmallow | 6.0 – 6.0.1 | 05 / 10 / 2015 | 23 |
| Nougat | 7.0 – 7.1.2 | 15 / 06 / 2016 | 24 – 25 |
| Oreo | 8.0 – 8.1 | 21 / 08 / 2017 | 26 – 27 |
| Pie | 9 | 06 / 08 / 2018 | 28 |
| Q | 10 | 03 / 09 / 2019 | 29 |

Tabla 1. Versiones de Android (Es.wikipedia.org, 2020).

2.3. Plataformas De Programación

2.3.1. Android Studio

Android Studio fue lanzado en el 2013 durante una conferencia de Google. Fue diseñado para reemplazar a Eclipse, plataforma que se usaba para el desarrollo de aplicaciones. Con Android Studio, Google consigue su propio IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) para el desarrollo de aplicaciones al poder instalar todo el SDK (kit de desarrollo de software) para desarrollar apps adaptadas a la mayor parte de versiones (Android Studio FAQs, 2020). El logotipo de Android Studio se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Logotipo de Android Studio (Android Developers, 2020).

Android Studio es la plataforma con el IDE más completo para desarrollar aplicaciones Android, está basado en IntelliJ y puede ser descargado de forma gratuita a través de su licencia Apache 2.0 (Android Studio FAQs, 2020).

Su estructura simple permite organizar los proyectos de manera que facilite su ubicación y su publicación, como también un entorno de desarrollo más potente, fácil e intuitivo. Permite ver el desarrollo a tiempo real de las pantallas en las que será usada la aplicación, y a su vez nos ofrece plantillas para diferentes elementos para programar, etc. (Android Studio FAQs, 2020).

En resumen Android Studio funciona como un escritorio de trabajo para los desarrolladores. Este programa es totalmente moderno, aunque las aplicaciones están escritas en lenguaje Java se pueden compilar para dejarlos como un archivo .apk (Android Studio FAQs, 2020).

2.3.2. Eclipse

“Los orígenes de Eclipse los encontramos en VisualAge de IBM, su antecesor, que desarrolló una máquina virtual dual para Java y Smalltalk. Cuando Java se comenzó a extender, y aumentó su popularidad, IBM decidió abandonar el proyecto de la máquina virtual dual y desarrollar una nueva plataforma basada en dicho lenguaje” (Genbeta.com, 2020).

En el 2001, nació como un proyecto de código abierto bajo licencia Eclipse Public License. La Fundación Eclipse se ha ido enriqueciendo con la inclusión de importantes empresas: Red Hat, Oracle, HP (Genbeta.com, 2020). El logotipo de Eclipse se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Logotipo de Eclipse (Gala, 2020).

Eclipse fue diseñada para ser extendida de forma indefinida con plug-ins. Diseñada para convertirse en una plataforma de integración de herramientas de desarrollo. No tiene un lenguaje de programación específico, aunque tiene mucha popularidad el lenguaje Java el cual viene incluido en la distribución estándar del IDE. (Genbeta.com, 2020).

2.3.3. App Inventor

App Inventor es una aplicación originalmente desarrollada por Google y mantenida por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). La cual permite que cualquier persona pueda crear aplicaciones para Android (Sites.google.com, 2020). El logotipo de App Inventor se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Logotipo de App Inventor (Appinventor.mit.edu, 2020).

Utiliza una GUI, similar al Scratch y el StarLogo, esta permite a los usuarios arrastrar y soltar objetos visuales para crear una aplicación que puede ejecutarse en Android. Google puso fin al desarrollo de App Inventor el 31 de diciembre de 2011, cediéndole el código al MIT (Sites.google.com, 2020). La interfaz gráfica se muestra en la Figura 10.



Figura 10. Interfaz de programación de App Inventor (Appinventor.mit.edu, 2020).

En la creación de App Inventor, Google se basó en la investigación de la informática educativa, y el trabajo realizado en entornos de desarrollo en línea (Sites.google.com, 2020).

El editor de bloques utiliza la biblioteca Open Blocks de Java que está distribuida por el Massachusetts Institute of Technology Program's Scheller para formación de profesorado y deriva de la investigación de Ricarose Roque. (Sites.google.com, 2020).

2.3.4. B4A (Basic for Android)

B4A significa «Basic for Android» y es un IDE que permite desarrollar aplicaciones utilizando el lenguaje BASIC (Beginners All Purpose Symbolic Instruction Code), que es muy fácil de aprender ya que prácticamente se lee como si fuese inglés (Tekzup, 2020).

En B4A se puede acceder a las mismas API y librerías que en Android Studio, de manera que con un poco de creatividad se pueden hacer muchas cosas. Una ventaja es que el código se puede trasladar con facilidad a B4i (Basic for iOS)

de manera que podamos generar una aplicación para iOS (Tekzup, 2020). El logotipo de B4A se muestra en la Figura 11.



Figura 11. Logotipo de B4A (Pinterest, 2020).

Basic4Android puede probarse una versión limitada por 30 días de manera gratuita. La versión “enterprise”, con dos años de actualizaciones gratuitas, cuesta 119 dólares. La versión estándar cuesta 60 dólares para un usuario y la más cara cuesta 599 dólares para 30 usuarios (unocero, 2020).

2.4. Bluetooth

Bluetooth (BT) es una especificación tecnológica para redes inalámbricas que permite la transmisión de voz y datos entre distintos dispositivos mediante una radiofrecuencia segura (2,4 GHz) (Definición.de, 2020). El logotipo característico de Bluetooth se muestra en la Figura 12.



Figura 12. Logotipo de Bluetooth (Logosmarcas.com, 2020).

Esta tecnología nos permite establecer comunicación sin cables ni conectores para compartir información en diversos equipos como se muestra en la Figura 13 (Definición.de, 2020).

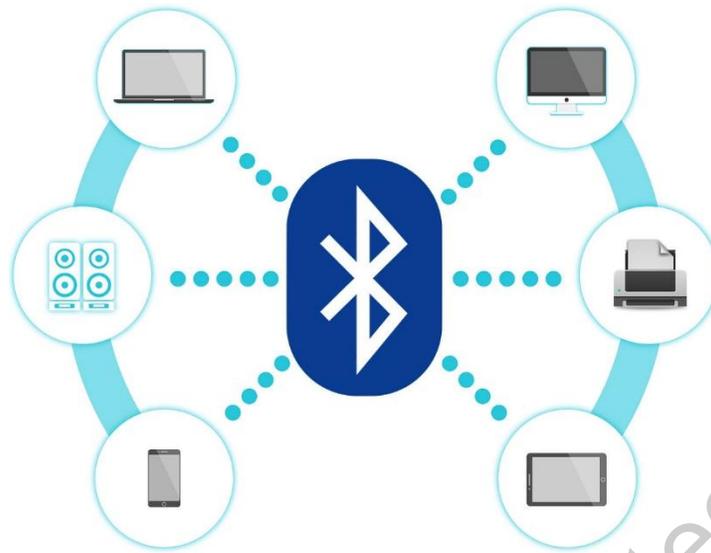


Figura 13. Dispositivos en red Bluetooth (CASADOMO, 2020).

Una situación muy común en la que se usa el bluetooth es cuando dos personas se encuentran y desean intercambiar fotografías que tienen en sus respectivos teléfonos móviles. Se conectan por BT y se “pasan” dichas imágenes de una forma rápida, sencilla y sin necesidad de tener que recurrir a lo que es una conexión a Internet (Definición.de, 2020).

Es habitual que se confunda el BT y la conexión Wi-Fi. Sin embargo ambos cubren acciones y campos diferentes.

El término Bluetooth (“Diente azul” en inglés, aunque el nombre proviene del rey danés y noruego Harald Blåtand, traducido como Harold Bluetooth como se muestra en la Figura 14) es una denominación comercial del estándar de comunicación inalámbrica IEEE 802.15.1 (Definición.de, 2020).

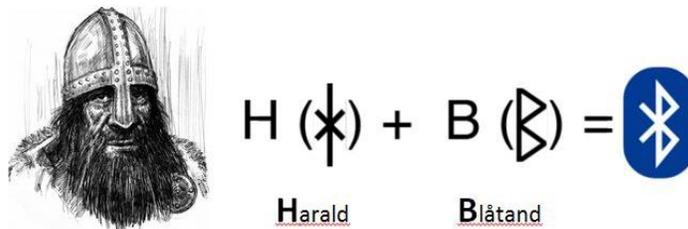


Figura 14. Origen del logotipo de Bluetooth (T13.cl, 2020).

Actualmente muchos dispositivos como lo son las computadoras, los teléfonos móviles, etc. pueden comunicarse mediante la tecnología BT (Definición.de, 2020).

Existen tres clases de Bluetooth: Clase 1 (con un alcance aproximado de 100 metros), Clase 2 (10 metros) y Clase 3 (1 metro). Los especialistas consideran que, en los próximos años, todos los equipos tecnológicos tendrán la capacidad de comunicarse entre sí gracias al estándar (Definición.de, 2020).

Como suele pasar en la actualidad, cuando se requiere obtener información o incluso controlar algún dispositivo involucrado en algún proceso productivo de tipo industrial se recurre a esta tecnología, lo cual abre las puertas a la innovación en este campo tan importante (Definición.de, 2020).

El hardware de un sistema BT cuenta con dos partes: el dispositivo de radio que modula y transmite la señal, y el controlador digital (con CPU, un procesador de señales digitales conocido como Link Controller y un procesador de interfaces) (Definición.de, 2020).

2.4.1. Módulo Bluetooth HC-05

El módulo de Bluetooth, es indispensable para este proyecto, ya que se requiere proporcionar al usuario una manera sencilla de utilizar la aplicación móvil para controlar la máquina medidora-cortadora de cable con tecnología inalámbrica.

El módulo de Bluetooth modelo HC-05 que se muestra en la Figura 15, es un módulo serie Bluetooth que puede ser utilizado en configuración maestro y en configuración esclavo; es decir, se puede enlazar a diferentes módulos o dispositivos Bluetooth entre sí para comunicarse, enviar y recibir información de punto a punto (Yepez-López, et. al., 2020).



Figura 15. Módulo Bluetooth modelo HC-05 (HC05, 2020).

Las características técnicas del hardware y del software de este módulo son las siguientes (Yepez-López, et. al., 2020):

Características Hardware:

- Sensibilidad Típica: -80 dBm.
- Hasta +4 dBm de potencia de transmisión RF.
- Funcionamiento de bajo consumo.
- PIO control.
- Interfaz UART con velocidad de modulación en baudios programable.
- Antena PCB Integrada.

Características del Software:

- Velocidad en baudios (modo comandos at): 38400 bits de datos, 8 bits de parada, sin paridad.
- Tasa de velocidad de modulación en baudios soportada: 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400 y 460800.
- Auto-conexión del dispositivo con la última configuración por defecto.
- Permiso para conectar el dispositivo emparejado de una forma predeterminada. Por defecto pin code: "1234".
- Reconexión automática en 30 min cuando se desconecta como consecuencia de pérdida de conexión por salirse del rango de alcance.

Es necesario saber que el módulo HC-05 tiene 4 estados de funcionamiento, los cuales son los siguientes (Naylampmechatronics.com, 2020):

- **Estado Desconectado.**
 - Entra a este estado tan pronto se alimenta el módulo, y cuando no se ha establecido una conexión Bluetooth con ningún otro dispositivo.
 - El LED del módulo en este estado parpadea rápidamente.
 - En este estado a diferencia del HC-06, el HC-05 no puede interpretar los comandos AT.
- **Estado Conectado o de comunicación.**
 - Entra a este estado cuando se establece una conexión con otro dispositivo Bluetooth.
 - El LED hace un doble parpadeo.
 - Todos los datos que se ingresen al HC-05 por el Pin RX se transmiten por bluetooth al dispositivo conectado, y los datos recibidos se devuelven por el pin TX.
- **Modo AT 1.**
 - Para entrar a este estado después de conectar y alimentar el módulo es necesario presionar el botón del HC-05.
 - En este estado, podemos enviar comandos AT, pero a la misma velocidad con el que está configurado.

- El LED del módulo en este estado parpadea rápidamente igual que en el estado desconectado.
- **Modo AT 2.**
 - Para entrar a este estado es necesario tener presionado el botón al momento de alimentar el módulo, es decir el módulo debe encenderse con el botón presionado, después de haberse encendido se puede soltar y permanecerá en este estado.
 - En este estado, para enviar comandos AT es necesario hacerlo a la velocidad de 38400 baudios, esto es muy útil cuando nos olvidamos de la velocidad con la que hemos dejado configurado nuestro módulo.
 - El LED del módulo en este estado parpadea lentamente.

2.5. Industria 4.0: La Cuarta Revolución Industrial

El concepto de Revolución Industrial es sinónimo de cambio en las tecnológicas de producción. A lo largo del tiempo hemos visto varios procesos de cambio radical que se basan principalmente en el avance tecnológico (Basco, et. al., 2018).

Los principales avances tecnológicos en la historia han sido los siguientes:

La Primera Revolución Industrial identificada con la incursión de la máquina a vapor, que tuvo sus primeras apariciones en Inglaterra en la segunda mitad del siglo XVIII, generando la migración de la población rural a las ciudades (Basco, et. al., 2018).

La Segunda Revolución Industrial tuvo lugar cien años más tarde y fue estimulada por la generación de energía eléctrica, la producción en masa y la introducción de la línea de montaje (Basco, et. al., 2018).

La Tercera Revolución Industrial, se inicia en los años setenta del siglo pasado con la automatización de procesos industriales, gracias a los avances en la electrónica y la computación (Basco, et. al., 2018).

La Cuarta Revolución Industrial, que ya está entre nosotros, se asocia con la informatización y digitalización de la producción, y con la generación, integración y análisis de una gran cantidad de datos a lo largo del proceso productivo y del ciclo de vida de los productos, facilitados fundamentalmente por Internet (Basco, et. al., 2018).

2.5.1. Orígenes Del Concepto

La “Industria 4.0” como concepto nace en Alemania a principios de la década de 2010, acuñado por un grupo multidisciplinario de especialistas convocados por el gobierno alemán para esbozar un programa de mejora de la productividad de la industria manufacturera (Basco, et. al., 2018).

El término fue exhibido por primera vez en la Feria de Hannover de 2011 y ganó protagonismo en muy poco tiempo. En la Feria de 2013, el grupo de especialistas presentó los resultados finales del estudio e hizo pública la estrategia del gobierno alemán para llevar a sus instalaciones fabriles a un nuevo estadio evolutivo. Así, el término “Industria 4.0” se convirtió en un eje central del Plan Estratégico de Alta Tecnología 2020 del gobierno alemán, y se instaló mundialmente como una de las referencias conceptuales de la Cuarta Revolución Industrial, aunque no es la única (Basco, et. al., 2018).

Desde la incursión del término “Industria 4.0”, las revoluciones anteriores fueron conceptualmente asociadas a estadios previos en la evolución del sector industrial, dando lugar a los conceptos de Industria 1.0, Industria 2.0 e Industria 3.0 (Basco, et. al., 2018). Esto se muestra en la Figura 16.

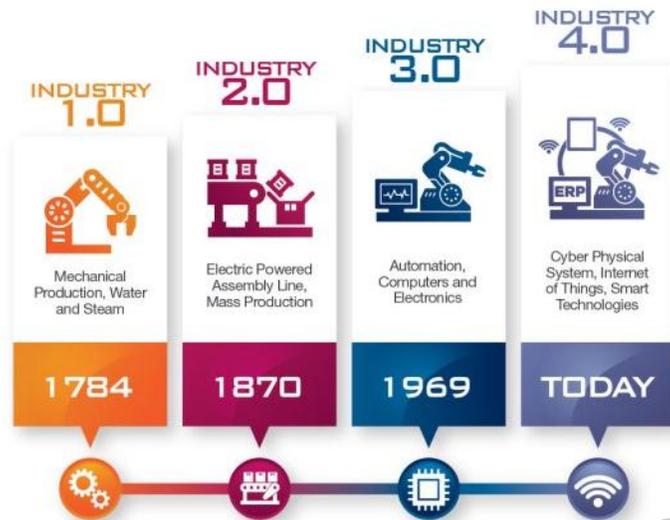


Figura 16. Las Revoluciones Industriales (Maynard, 2020).

La Cuarta Revolución Industrial es la fase de la digitalización del sector manufacturero y está estimulada por el aumento de los volúmenes de datos, la potencia en los sistemas computacionales y la conectividad. Si bien muchas de las tecnologías que hoy convergen, ya existían, aunque de forma embrionaria y sin la robustez que hoy aportan, la diferencia con respecto al pasado se basa en la forma en que se combinan para generar disrupciones significativas (Basco, et. al., 2018).

Entre los pilares tecnológicos de la Industria 4.0 se destacan los de la Figura 17.

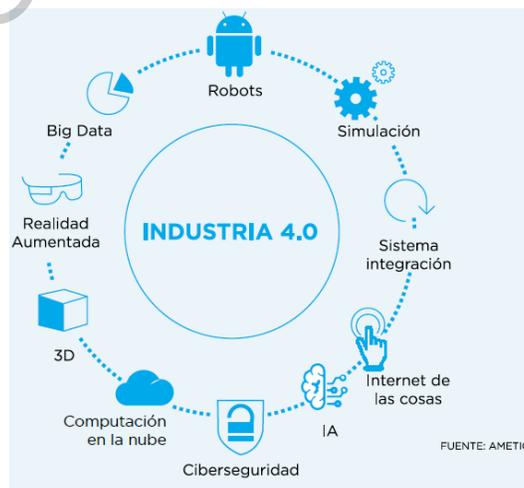


Figura 17. Pilares de la Industria 4.0 (Basco, et. al., 2018).

2.5.2. La Industria 4.0 En México

El “Mapa de Ruta Industria 4.0” surge en México con un proceso colaborativo entre el gobierno, la industria y la academia, que define un punto de partida, una visión del futuro y una estrategia para la transformación digital de la industria (Basco, et. al., 2018).

Dirigida por la Secretaría de Economía en colaboración con la Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de Información (AMITI). Basado en los sectores estratégicos (automotriz, aeroespacial, químico), el mapa analiza las capacidades locales existentes de I+D+i (recursos humanos e infraestructura), e identifica tecnologías (impresión 3D, computación en la nube, robótica, modelación y simulación, sistemas de integración y análisis de grandes datos) para impulsar la evolución de la matriz productiva hacia una industria 4.0. El resultado de este proceso fueron acuerdos entre los principales actores del entorno productivo y de innovación, por lo que se pudieron identificar hitos, actividades y principales proyectos para el período 2016-2030 (Basco, et. al., 2018).

La iniciativa del gobierno mexicano se organiza sobre tres pilares (Basco, et. al., 2018):

1. Promover la creación de clusters sobre las capacidades territoriales existentes.

Se busca impulsar la implementación de tecnologías 4.0 y de modelos de fabricación flexibles, para que cada región del país logre especializarse en los ámbitos de la economía del conocimiento, en los que pueda competir globalmente. En este marco, México busca ser reconocido como una economía competitiva en robots colaborativos, sistemas integrados, modelado y simulación, y análisis de big data. Se identifican como modelos

de referencia las iniciativas privadas de Continental Automotive y Volkswagen y el modelo de transferencia tecnológica y cooperación internacional desarrollado en México por el Instituto Fraunhofer de Alemania.

2. Potenciar la aplicación de IoT para que México se convierta en un líder regional de soluciones digitales y análisis de big data, a fin de aumentar la complejidad de las exportaciones.

En este sentido, una de las metas es que, hacia 2025, el mercado mexicano de IoT alcance los 8.000 millones de dólares. Para conseguir este objetivo se identifican las siguientes acciones:

- a. desarrollar infraestructura (computación en la nube, big data, telecomunicaciones, etc.).
- b. configurar una red de living labs y maker spaces como Fab Labs y Tech Shops.
- c. promover la incubación de empresas centradas en proyectos de IoT.
- d. promover el diálogo entre la academia y la industria para mejorar el plan de estudios de ingenieros y técnicos de acuerdo con las necesidades de la industria. Otra meta es que, hacia 2030, México se posicione entre los diez primeros países de mayor complejidad económica.

Las acciones propuestas para lograr esta meta son: coordinación institucional por parte del Instituto Nacional de Industria (entidad público-privada); colaboración a través de una Red de Innovación para la Industria 4.0; alineación de objetivos con la Estrategia Digital Nacional; y vinculación de oferta y demanda de soluciones 4.0 mediante plataformas abiertas Business-to-Business (B2B).

3. Consolidar a México como líder regional en la oferta de recursos humanos calificados para gestionar la producción y la generación de negocios en el contexto de la Revolución 4.0.

El mapa propone profundizar los esfuerzos en esta dirección a través de las siguientes acciones: a. fortalecer la formación de talentos especializados y habilidades de los emprendedores y, b. diseñar un programa de educación en Internet de las cosas y big data en regiones estratégicas (Guadalajara, Monterrey, Querétaro, Ciudad de México y Puebla). En esa línea, a fines de 2016, se anunció una inversión de 50 millones de pesos mexicanos para la creación del Centro de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Aplicaciones en IoT (CIOT) en Guadalajara. El CIOT comenzará a funcionar hacia finales de 2018 mediante la asociación entre la academia, centros de investigación y la iniciativa privada. Se espera que también contribuya a la creación de un cluster de IoT. El desarrollo y operación del centro estará a cargo del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey en Guadalajara, el Instituto Tecnológico Superior de Zapopan y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV, Guadalajara), en cuyas instalaciones también habrá una sede del CIOT.

2.6. Internet De Las Cosas (IoT)

Una de las definiciones que se acota perfectamente a “Internet of things” es la indicada por Altimeter Group donde se define como la interconexión y la interacción de lo digital y el mundo físico, en el que la tecnología permite integrar “cosas” físicas a las redes de información a través de infraestructuras de Internet existentes y emergentes como se muestra en la Figura 18. Es decir, IoT es una plataforma para conectar personas, objetos y entornos para informar y permitir la visibilidad, compromiso y la innovación (Fundacionseres.org, 2020).

En el último año unos 4.000 millones de dispositivos se han conectado a Internet según un estudio realizado por la compañía Cisco. Por otro lado, Intel ha

2.7. Dispositivos Móviles Y La Industria 4.0

2.7.1. Automatización Con Dispositivos Móviles

Los DM están iniciando una revolución en la industria y la automatización industrial. Nos aportan de manera inmediata la información sobre máquinas y procesos, minimizando costos y obteniendo procesos más eficientes (García, 2020).

Los DM, tanto teléfonos como tabletas, han entrado a formar parte de nuestro día a día. Tenemos la tecnología y la información en la palma de nuestra mano. En 1985 Steve Jobs ya lanzaba la siguiente profecía: “La innovación vendrá a hacer productos más y más portables, conectándolos en red, tal vez de la combinación del teléfono y el ordenador personal”, parece que el tiempo le ha dado la razón (García, 2020).

La industria y sus procesos de producción también se están viendo muy beneficiados por las tecnologías móviles. La incorporación de Ethernet en los dispositivos industriales les está dando a las máquinas la capacidad de comunicación ilimitada, mayor potencia, eficiencia y productividad (García, 2020).

A continuación se mencionan las nuevas posibilidades en la industria para los DM (García, 2020):

2.7.1.1. SCADA Y HMI Móvil

Los sistemas HMI (Interfaz Hombre-Máquina) y SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) son los que más presencia están teniendo.

Existen muchas aplicaciones y funcionalidades SCADA que permiten visualizar máquinas o procesos desde un smartphone o una tablet.

Las tecnologías móviles permiten tener acceso en todo momento y en cualquier lugar con conexión a Internet al sistema de supervisión y control de la maquinaria como se muestra en la Figura 19 (García, 2020).



Figura 19. Automatización con dispositivos móviles (García, 2020).

Toda la pirámide del personal de la fábrica se puede beneficiar: por ejemplo, el departamento de mantenimiento recibe al instante el aviso de falla, pudiendo actuar remotamente; La gerencia tiene acceso a los datos de producción y tomar decisiones. Al implementar estas tecnologías ya no hace falta estar en fábrica para saber lo que está pasando. En consecuencia, se reduce el tiempo en toma de decisiones, propiciando un sistema más dinámico y efectivo.

Han aparecido aplicaciones exclusivas para DM con buenas prestaciones, por ejemplo, SweetWilliam, una solución HMI para terminales iPhone y iPad. También los sistemas SCADA clásicas han tenido que desarrollar soluciones para DM que complementen sus paquetes de software. Muchos terminales HMI incorporan web server que permite visualizar el HMI desde un dispositivo móvil accediendo a su IP.

Comercialmente es muy efectivo poder mostrar al cliente que desde cualquier lugar y a cualquier hora puede acceder a su máquina para conocer determinada información. Esto puede resultar un elemento muy efectivo a la hora de vender una solución de automatización o una máquina.

2.7.1.2. *La Movilidad Y La Industria 4.0*

La nueva revolución que la tecnología móvil supone posibilitar una nueva forma de trabajar, lo cual permite hablar de la Industria 4.0.

Las empresas de automatización están empezando a diseñar soluciones de control, pensadas para este nuevo entorno de DM, un ejemplo es Bosch Rexroth con su Open Core Engineering, que simplifica la integración de tablets y smartphones en sus soluciones de automatización industrial.

2.7.1.3. *Comunicaciones En Fábrica*

Con los DM, el correo electrónico o aplicaciones como WhatsApp, las personas están conectadas al instante. Con esto las comunicaciones en las fábricas son cada vez más directas, dinámicas e instantáneas.

“Ante un incidente, la capacidad de comunicación puede ahorrar tiempo y costos. El hecho de poder tomar una foto y enviarla al instante por móvil y que la otra persona la reciba de forma inmediata, esto supone una obvia reducción de tiempo respecto a cuando tomábamos la foto con una cámara digital, teníamos que descargarla al PC y luego mandarla por email y si la persona a la que se la mandábamos no tenía acceso al email había que esperar más tiempo” (García, 2020).

2.7.1.4. Aplicaciones Ingeniosas

Existen numerosas aplicaciones (App) para ingeniería y automatización que son muy ingeniosas y que pueden servir de mucha ayuda en el día a día, dotando de herramientas de cálculo, manuales, guías recordatorias, búsqueda de referencias, configuradores, etc.

Las empresas se han dado cuenta del potencial de las App y están apostando por ello, ofreciendo cada vez un mayor catálogo de soluciones.

2.7.1.5. Programación De Dispositivos

Comienza a ser habitual que los dispositivos de planta puedan ser programados en smartphones o tabletas. Por ejemplo, Altivar Programming Tool, una App que permite programar los variadores de Schneider Electric. Es seguro de que en los próximos años no solo los variadores de velocidad podrán ser programados con un teléfono. Seguramente habrá Apps para programar autómatas, sistemas de visión artificial, etc.

2.8. Sistemas De Medición Y Corte De Cable

2.8.1. Artos Engineering Company

Con sede en Brookfield, Wisconsin, Artos Engineering es un nombre líder en el mundo del procesamiento de cables. Como compañía independiente, han entregado casi 100,000 máquinas a la industria automotriz, aeronáutica, electrodomésticos, electrónica y general. Han diseñado máquinas tecnológicamente avanzadas que ahorran mano de obra con su línea de sistemas automáticos de procesamiento de cables, máquinas de escritorio y accesorios que están disponibles a través de una red de distribuidores internacionales (Artosengineering.com., 2019). Un ejemplo es el modleo 45-725 / 45-730 Wire Prepper Lite (Figura 20), cuyas características se presentan a continuación.



Figura 20. 5-725 / 45-730 Wire Prepper Lite (Artosengineering.com., 2019).

Características (Artosengineering.com., 2019):

- Mide, corta y cuenta automáticamente cables de 10 AWG a 30 AWG.
- Ligero y portátil: pesa menos de 20 lbs. Es una herramienta de productividad ideal para mesa de trabajo.
- Cambio de configuración en menos de un minuto, incluido el cambio del carrete de alambre.
- Los comandos LED de solicitud fáciles de usar con entrada de datos en el panel de membrana requieren poca capacitación.
- Controles totalmente electrónicos fáciles de usar con una curva de aprendizaje insignificante para dominar.
- Equipado con cuchillas de acero con tratamiento térmico para una larga vida útil y cortes limpios y repetibles.
- Utiliza un potente motor para impulsar las cuchillas de corte, para cortes cuadrados consistentes.
- La entrada de datos puede estar en sistemas de medición, en pulgadas o métricas.
- No se requieren herramientas para la configuración u operación.

- El bajo costo de inversión y la alta productividad hacen que el retorno de la inversión sea rápido, perfectos para talleres.

2.8.2. Schleuniger North America

Schleuniger Inc., con sede en Manchester, NH, respalda los mercados de América del Norte y Central. Desde 1988, Schleuniger Inc. se ha esforzado por cumplir con su compromiso con el mercado estadounidense, brindando soluciones innovadoras de procesamiento de cable mientras ofrece una variedad de servicios de valor agregado a sus clientes (Schleuniger.com., 2020). Un ejemplo de modelo es el EcoCut 3200.

La máquina de corte automática EcoCut 3200, es la más nueva de la familia de productos Schleuniger, que se puede configurar de acuerdo con las necesidades individuales y permite a los usuarios medir y cortar cables, alambres y tubos (Schleuniger.com., 2020). La EcoCut 3200 se muestra en la Figura 21.

El EcoCut 3200 está controlado electrónicamente y presenta varias interfaces para componentes periféricos. Los rodillos accionados eléctricamente alimentan el material a la unidad de corte. La unidad de corte se acciona eléctricamente y se controla su posición (Schleuniger.com., 2020).



Figura 21. EcoCut 3200 (Schleuniger.com., 2020).

Características del EcoCut 3200 (Schleuniger.com., 2020):

- Principio único de corta tubos (modo de corte doble).
- Resultados precisos y repetibles.
- Fácil de programar y operar (guiado por menú).
- Excelente relación precio / rendimiento.
- Sistema de transporte rápido y silencioso.

Cabe mencionar que ninguno de los productos comerciales anteriores cuentan con alguna implementación del concepto IoT, ni mucho menos con alguna interfaz de control o monitoreo desde un dispositivo móvil o página web. Siendo este nuestro objetivo de innovación.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

Capítulo 3. Metodología

La metodología que se ha seguido para el desarrollo del proyecto se muestra en la Figura 22.

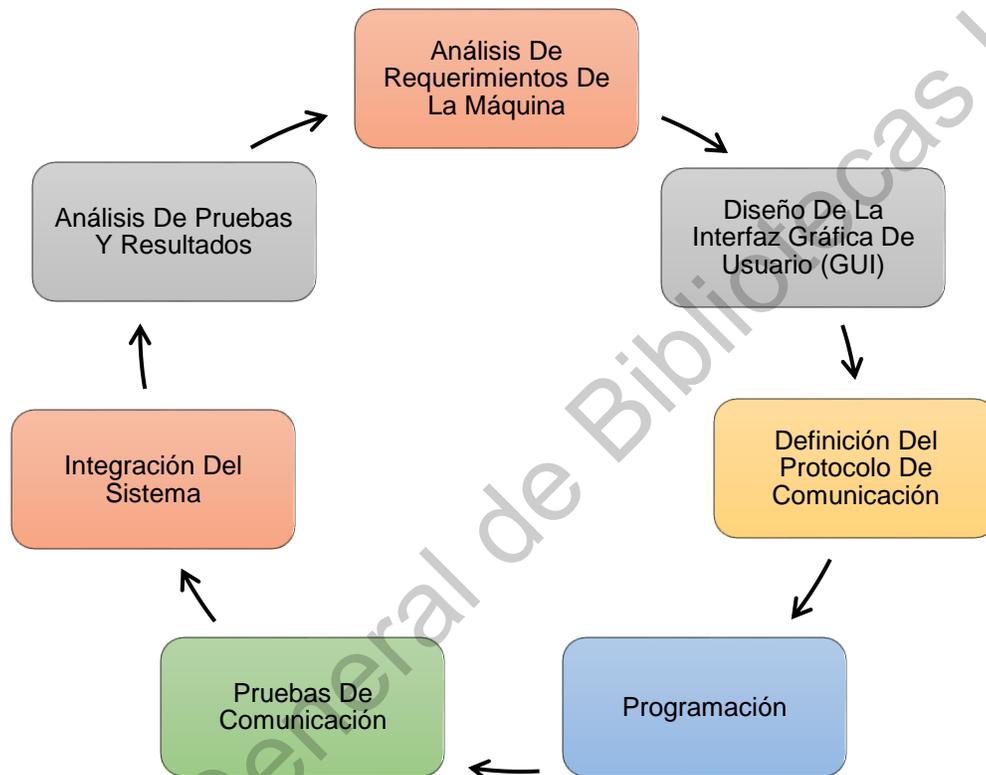


Figura 22. Metodología general del proyecto.

3.1. Análisis De Requerimientos De La Máquina

En esta etapa se determinaron las características con las que la máquina debe contar al término de su desarrollo. Muchas de estas características están dadas por los productos existentes en el mercado, anteriormente presentados y otras son parte de nuestra innovación.

Algunas de estas características son las siguientes:

- Medir, cortar y contar automáticamente tramos de cable de uso estándar, desde un calibre 30 AWG hasta un calibre 10 AWG.
- Ligereza y portabilidad, que dicho prototipo pese menos de 8 kg. Esto para un mejor traslado entre puestos o mesas de trabajo.
- Cambio de calibre o modo de operación en menos de un minuto.
- Control local totalmente electrónico basado en una interfaz con pantalla LCD y teclado de botones.
- Control remoto y monitoreo con una aplicación en Android, robusta y fácil de usar, aportando información adicional acerca del proceso implementando el concepto de IoT y dirigida a la industria 4.0 o una manufactura avanzada.
- Que sea de bajo costo de desarrollo y producción, que ofrezca alta productividad para un retorno de la inversión rápido, adecuada para pequeños talleres.
- Seguridad en cualquier parte del proceso de trabajo, tanto de manera local como de manera remota, implementando una botón de paro de emergencia y otro de pause para la manipulación total en todo momento.
- Que cuente con características propias de diseño para poder obtener el registro de un modelo de utilidad en un futuro.

3.2. Diseño De La Interfaz Gráfica De Usuario (GUI)

Para el desarrollo de la GUI, se usa la plataforma Android Studio para Windows. Este software permite el desarrollo de aplicaciones para DM con sistema operativo Android.

Para esta etapa se ha seguido la metodología de la Figura 23.

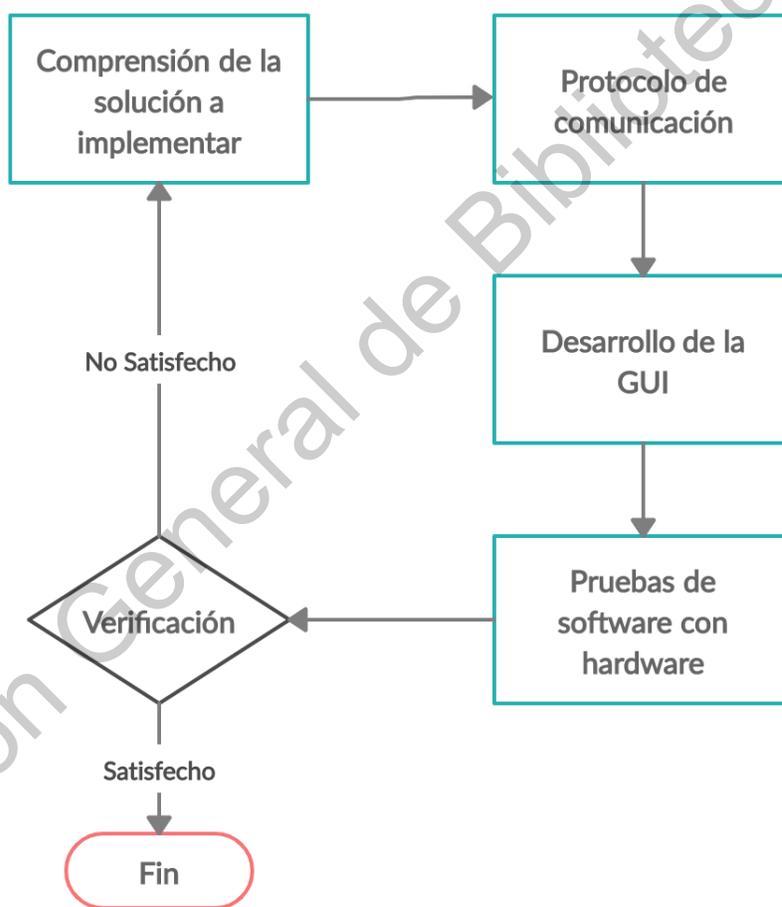


Figura 23. Metodología del desarrollo de la GUI.

3.3. Definición Del Protocolo De Comunicación

En esta etapa se determinaron las características necesarias para llevar a cabo la comunicación del dispositivo móvil con el módulo Bluetooth de la máquina.

A continuación se muestra la Tabla 2, donde se muestran los comandos que soporta la máquina para llevar a cabo la comunicación entre el microcontrolador y la aplicación móvil:

| Caracter ASCII | Comando | Descripción |
|----------------|----------------------|--|
| % | Paro de Emergencia | Finaliza cualquier proceso y pone la máquina en posición segura. |
| P | Pause | Pausa el ciclo de corte y habilita los comando de mov. Libre. |
| < | Retroceder Cable | Hace retroceder el cable. |
| > | Avanzar Cable | Hace avanzar el cable. |
| / | Cortar en Mov. Libre | Cierra y abre la cuchilla para cortar. |
| ! | Fin de Comando | Cierre de trama de datos para que sea identificado por la máquina. |

Tabla 2. Comandos para comunicación Bluetooth.

3.4. Programación

En este punto se realiza la programación del dispositivo móvil, para la realización de las pruebas.

El programa se realiza usando la plataforma Android Studio para Windows.

3.5. Pruebas De Comunicación

Se realizan diferentes pruebas de comunicación hasta determinar el buen funcionamiento de la máquina con conexión Bluetooth al dispositivo móvil con el que se cuenta.

Los resultados se describen a detalle en el siguiente capítulo en el apartado de comunicación.

3.6. Integración Del Sistema

Se integraron todos los componentes del sistema para determinar su funcionamiento. Para esto se realizaron diferentes pruebas simulando condiciones reales.

3.7. Análisis De Pruebas

En esta etapa, se realiza un análisis estadístico para conocer el margen de error en la medición y corte. Para esto, se va a probar con un determinado número de cortes con diferentes tamaños. En el Capítulo 4 se muestran los resultados.

Capítulo 4. Resultados

De acuerdo a la metodología planteada en la Figura 22, se describen a continuación los resultados obtenidos en el desarrollo del presente proyecto.

4.1. Interfaz Gráfica De Usuario en Android

Para esta etapa se propone el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 24, procurando que la interfaz sea amigable para el usuario. La aplicación desarrollada tiene las siguientes características.

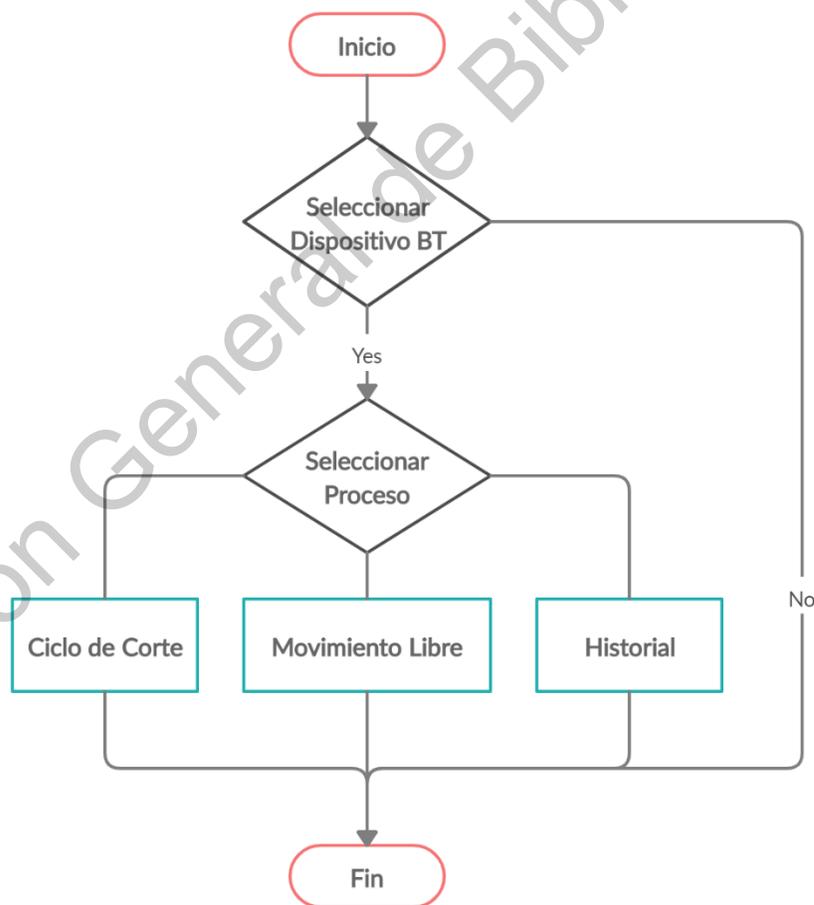


Figura 24. Diagrama de flujo general de la GUI.

Para comenzar a desarrollar la aplicación se creó un nuevo proyecto en Android Studio, cuya versión se muestra en la Figura 25 y se desarrollaron tanto las interfaces gráficas como la programación de cada una en el lenguaje java.



Figura 25. Versión de Android Studio utilizada en el proyecto.

Para esto se usó una computadora con las características que muestran en la Figura 26.

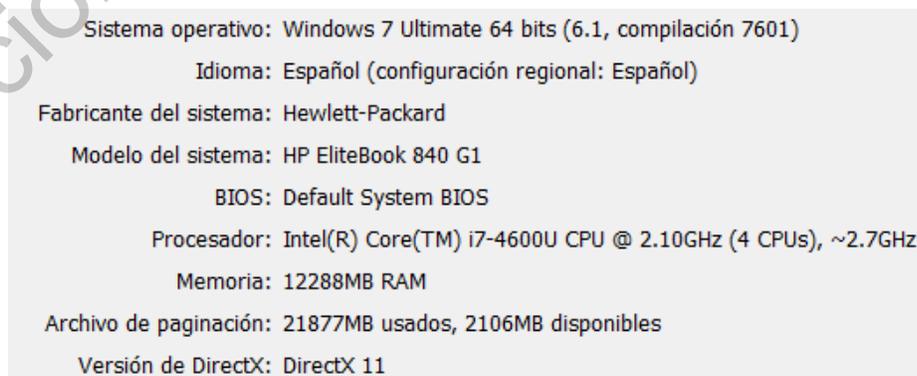


Figura 26. Características de la PC utilizada en el proyecto.

El estilo de programación implementado en este proyecto fue primeramente desarrollar las interfaces según los requerimientos propios de diseño, una vez aceptadas dichas interfaces se llevó a cabo la programación de cada de una de ellas.

4.1.1. Elegir Dispositivo Bluetooth

En este punto la aplicación muestra el listado de dispositivos Bluetooth previamente vinculados al dispositivo móvil como se muestra en la Figura 27 para así elegir la máquina con la que se conectara y estará trabajando.



Figura 27. Pantalla de selección de dispositivo Bluetooth.

4.1.2. Pantalla Principal

En esta parte de la aplicación se muestran las diferentes opciones a las que se puede acceder, siendo 3 las principales, una es para poder acceder al proceso de corte de tramos de cable, otra es para acceder al control de movimiento libre de la máquina y la última accede al historial de eventos de la máquina. También se tiene una opción para poder saber más acerca del proyecto. Dicha pantalla se muestra en la Figura 28.



Figura 28. Pantalla principal.

4.1.3. Ciclo de Corte

Para esta etapa de la aplicación se propone el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 29.

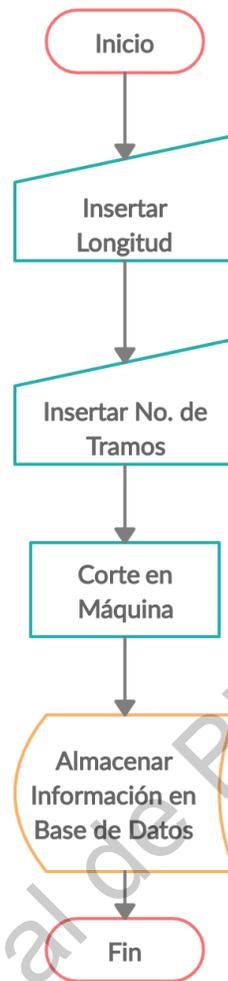


Figura 29. Diagrama de flujo de ciclo de corte.

Una vez implementado dicho diagrama de flujo se obtiene la interfaz de la Figura 30, donde podemos ver el estado de la máquina, seleccionar el calibre, longitud y número de tramos que serán cortados una vez que se presiona el botón iniciar ciclo.



Figura 30. Pantalla 1 de ciclo de corte.

Adicionalmente se muestra un botón de paro de emergencia en la parte superior izquierda y otro de pause-play en la parte superior derecha. El primero detiene el ciclo de corte de cable al momento de ser presionado y hace regresar a la pantalla principal, el segundo, pausa el ciclo de corte al momento de ser presionado y habilita los botones de movimiento libre en la parte inferior como se observa en la Figura 31, estos botones son capaces de hacer avanzar, retroceder y cortar el cable respectivamente.

Una vez que se vuelve a presionar la máquina sigue en el ciclo de corte en el mismo punto en que se pausó, esto sin perder la posición en la que estaba.



Figura 31. Pantalla 2 de ciclo de corte.

4.1.4. Movimiento Libre

Para esta etapa de la aplicación se propone el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 32.

Una vez implementado dicho diagrama de flujo se obtiene la interfaz de la Figura 33, donde podemos ver el estado de la máquina y los botones animados que hacen avanzar, retroceder y cortar el cable que se encuentre instalado en la máquina. También se encuentra el botón de paro de emergencia que de igual manera detiene cualquier proceso de la máquina y regresa a la pantalla principal.

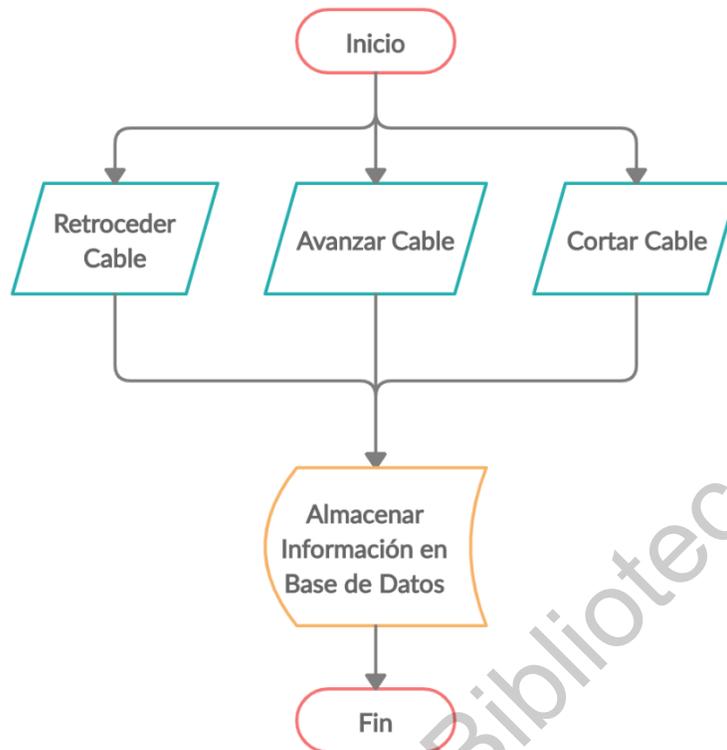


Figura 32. Diagrama de flujo de movimiento libre.



Figura 33. Pantalla de movimiento libre.

4.1.5. Historial

Para esta etapa de la aplicación se propone el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 34.

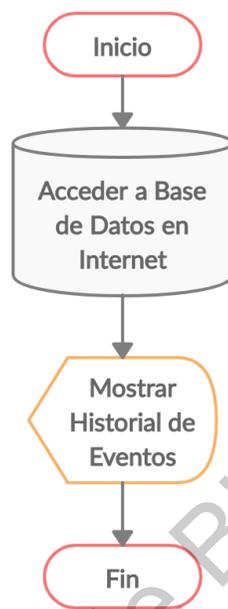


Figura 34. Diagrama de flujo del historial.

Una vez implementado dicho diagrama de flujo se obtiene la interfaz de la Figura 35, donde podemos ver todo el historial de eventos de la máquina, el cual muestra la hora, fecha, longitud (L), número de tramos (T), total de cable procesado en el evento (longitud multiplicado por número de tramos) y el nombre del evento que se produjo.

4.1.6. Acerca de

En esta etapa de la aplicación se ofrece diferente información acerca de quién desarrolló la aplicación, además que se coloca diferente información para ponerse en contacto con el desarrollador como se muestra en la Figura 36, esto para una futura comercialización, tanto de la máquina medidora-cortadora, como de la aplicación, ya que serían complementos del producto final.



The screenshot shows a mobile application interface with a red background. At the top, there is a white icon of a clock and gears. Below the icon, the text "Registro de Actividad:" is displayed. A table follows, listing activity records with columns for Hora, Fecha, L, T, Total, and Estado. The data is as follows:

| Hora: | Fecha: | L: | T: | Total: | Estado: |
|----------|------------|-------|----|--------|------------|
| 16:53:42 | 2020-01-28 | 0 | 0 | 0 | Paro MovL |
| 16:52:52 | 2020-01-28 | 0 | 0 | 0 | Paro Ciclo |
| 16:51:46 | 2020-01-28 | 0 | 0 | 0 | Pause |
| 16:51:41 | 2020-01-28 | 100.5 | 2 | 201 | Ciclo |
| 16:51:39 | 2020-01-28 | 0 | 0 | 0 | Play |
| 16:48:39 | 2020-01-28 | 0 | 0 | 0 | Pause |
| 16:46:37 | 2020-01-28 | 0 | 0 | 0 | Paro Ciclo |
| 16:33:30 | 2020-01-28 | 0 | 0 | 0 | Paro Ciclo |
| 16:33:17 | 2020-01-28 | 10 | 5 | 50 | Ciclo |
| 13:03:43 | 2020-01-28 | 0 | 0 | 0 | Paro Ciclo |
| 13:03:41 | 2020-01-28 | 0 | 0 | 0 | Pause |
| 13:03:38 | 2020-01-28 | 0 | 0 | 0 | Play |

Figura 35. Pantalla del historial.



The screenshot shows a mobile application interface with a red background. At the top, there is a white icon of a head with gears and a circuit board. Below the icon, the text "GVN" is displayed in large white letters, followed by "AMCM" in smaller white letters. Below that, the text "Automatic Measuring-Cutting Machine" is displayed. Underneath, the text "Más Información:" is followed by a blue link: olinkl.000webhostapp.com/products.html. Below that, the text "Servicios de Ingeniería en Automatización" is displayed. Underneath, the text "Contáctanos:" is followed by a blue phone number: [4191167020](tel:4191167020) and a blue email address: gerardo_vizcaya@hotmail.com.

Figura 36. Pantalla de “acerca de” proyecto.

4.2. Comunicación

4.2.1. Comunicación Bluetooth

La comunicación entre el dispositivo móvil y la máquina medidora-cortadora de cable los cuales son un smartphone Motorola Moto G5 Plus y un microcontrolador PIC18F4455 respectivamente, se realiza inalámbricamente mediante un módulo Bluetooth (BT).

La comunicación entre el microcontrolador y el módulo BT se realiza por medio de comunicación serial a 9600 baudios sin paridad y 8 bits de datos.

El dispositivo móvil ya cuenta con un módulo de comunicación BT, a diferencia del microcontrolador que necesita un módulo externo para poder transmitir datos. Dicho módulo es el HC-05 que se describe en el capítulo anterior y se muestra en la Figura 15.

Previo a la comunicación BT primero hay que configurar el módulo BT HC-05 por primera y única vez. Esto se realiza mediante comandos AT enviados al módulo por medio de una computadora utilizando comunicación RS-232. Se configuran parámetros indispensables como lo son el nombre del módulo, la contraseña para vincular el módulo con cualquier dispositivo móvil, la velocidad de transmisión, etc.

Entendido lo anterior, realizamos las conexiones para configurar el HC-05. Para esto necesitamos enviar los comandos AT desde una computadora, esto se realizó de la siguiente forma:

Utilizamos un módulo conversor USB-Serial (PL2303) para hacer la comunicación entre la PC y el módulo de forma directa, para esto se cablea el circuito de la Figura 37.



Figura 37. Conexión HC-05 con el convertor USB-Serial (Naylampmechatronics.com, 2020).

Una vez hecho esto se procede a abrir el monitor serial del IDE de Arduino, considerando el puerto de comunicaciones asignado al convertor USB-Serial en nuestra PC, velocidad de transmisión, etc. En nuestro caso los parámetros se muestran en la Figura 38.

Una vez hecho esto se envían los siguientes comandos AT desde el monitor serial como se observa en la Figura 39:

- a) AT
- b) AT+NAME=AMCM 001
- c) AT+PSWD="1234"
- d) AT+UART=9600,0,0
- e) AT+ROLE=0
- f) AT+ADDR?
- g) AT+RESET

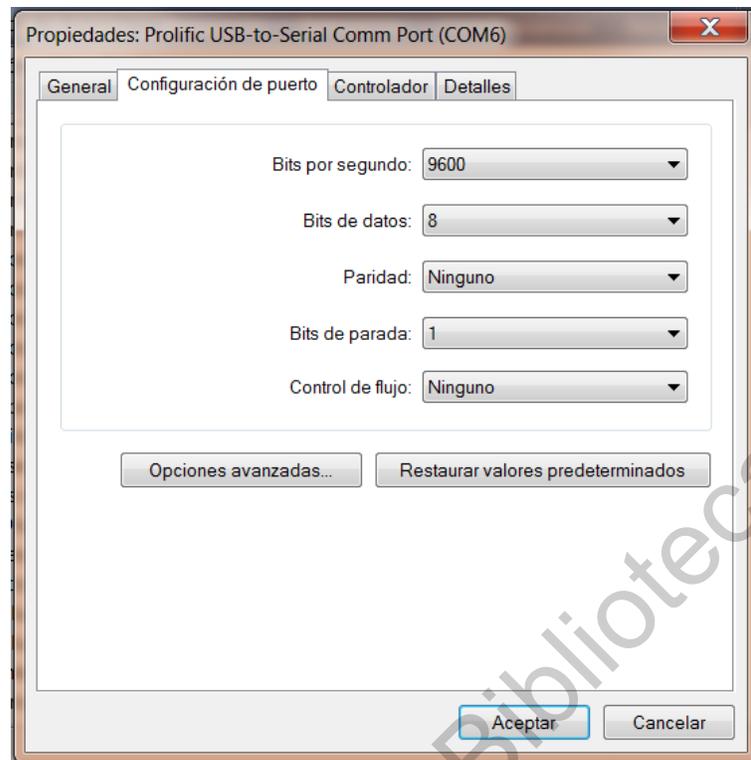


Figura 38. Parámetros del puerto serial.

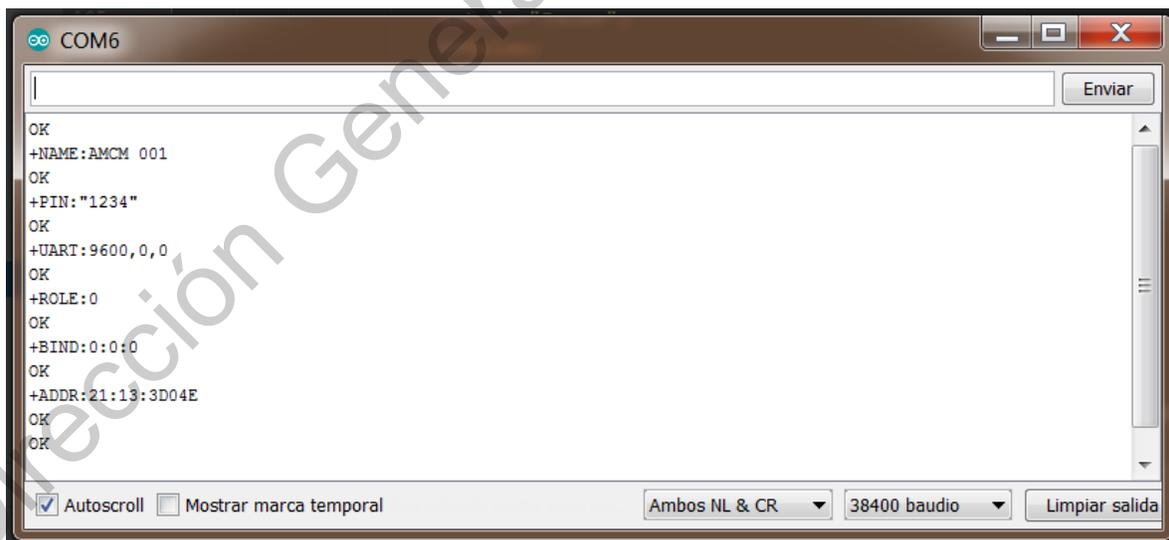


Figura 39. Monitor serial.

Una vez realizado este proceso, el módulo queda configurado para trabajar con el microcontrolador de la máquina medidora-cortadora de cable.

Ahora, se procede a vincular el módulo BT de la máquina para poder conectarse al dispositivo móvil como se muestra en la Figura 40.

El procedimiento para vincular el módulo BT de la máquina con el dispositivo móvil es el siguiente:

Vinculación Bluetooth.

1. Se abre la aplicación ajustes del dispositivo.
2. Se toca "dispositivos conectados", después preferencias de conexión y luego bluetooth. Se comprueba que el Bluetooth esté activado. Si no ves "preferencias de conexión", ve al paso siguiente. Mientras los ajustes de bluetooth estén abiertos, los dispositivos cercanos pueden detectar el teléfono.
3. Se toca vincular nuevo dispositivo. Si no ves "vincular nuevo dispositivo", estás usando otra versión de android. Busca en la sección "dispositivos disponibles" y, si es necesario, toca "más" y luego actualizar.
4. Toca el nombre del dispositivo Bluetooth que quieras vincular con tu teléfono o tablet.
5. Sigue los pasos que se muestran en pantalla.

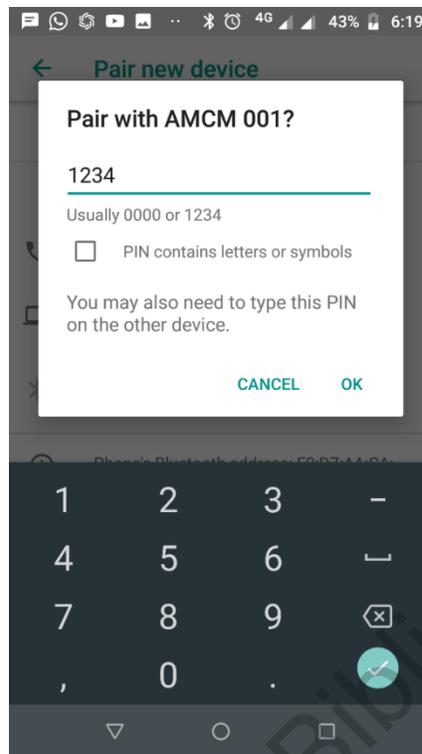


Figura 40. Vinculación de máquina-dispositivo móvil.

Una vez realizado lo anterior las pruebas de comunicación entre el dispositivo móvil y la máquina se llevaron a cabo de la siguiente forma.

Se procede a abrir la aplicación previamente instalada en nuestro dispositivo móvil como se observa en la Figura 41, la aplicación nos pide permiso de activar el BT, si es que esta deshabilitado, como se observa en la Figura 42. Se desplegó la lista de dispositivos BT vinculados al dispositivo móvil, elegimos nuestro dispositivo como se observa en la Figura 43 y pasamos a la pantalla principal de la aplicación.

En esta pantalla podemos acceder a los dos principales procesos de nuestra máquina, el ciclo de corte y al movimiento libre. Además del historial de eventos y a más información acerca de la máquina. Como se aprecia en la Figura 44.



Figura 41. Aplicación AMCM instalada.

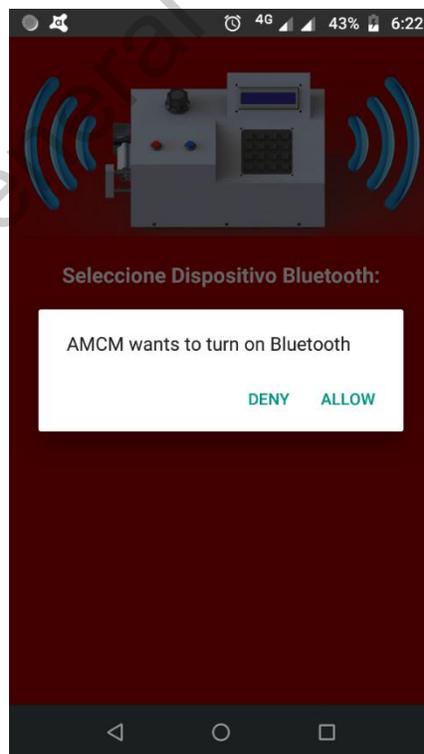


Figura 42. Pantalla de solicitud para encender Bluetooth.



Figura 43. Lista de dispositivos vinculados.



Figura 44. Pantalla principal.

Se procedió a ingresar al ciclo de corte, donde podemos pedirle a la máquina un número de tramos de cable de una cierta longitud en centímetros como se muestra en la Figura 45. Estando ejecutando dicho proceso presionamos el botón de pause, para verificar su funcionamiento y nos habilita los botones de movimiento libre.

Se accionaron los botones de retroceder y avanzar cable y presionamos el botón de pause para poder así seguir el proceso de corte de los tramos que se le habían solicitado.

Regresamos a la pantalla principal y se volvió a acceder al ciclo de corte donde se colocaron los datos que se observan en la Figura 46 y se inició el ciclo para más adelante verificar el funcionamiento del botón de paro de emergencia.

Regresamos a la pantalla principal y se acceso al movimiento libre de la máquina y se comprobó el funcionamiento de cada botón como se muestra en la Figura 47.

- Retrocede Cable
- Avanza Cable
- Corta Cable
- Paro de emergencia

Capítulo 4. Resultados



Figura 45. Ciclo de corte: proceso completo.



Figura 46. Ciclo de corte: paro de emergencia.



Figura 47. Movimiento libre: proceso completo.

Con todo lo anterior se verificó el correcto funcionamiento de la máquina controlada desde la aplicación móvil, por lo que la comunicación Bluetooth también queda verificada y aceptada.

Adicionalmente a lo anterior, la aplicación tiene la facultad de reportarnos si falla la comunicación Bluetooth sin afectar su propia ejecución. Esto se puede presentar cuando el módulo presente alguna falla de comunicación o una falla propia del dispositivo móvil. En cualquiera de estos casos se podrá apreciar el mensaje “La Conexión Falló” como el de la Figura 48.



Figura 48. Pantalla de fallo de la conexión Bluetooth.

4.2.2. Comunicación Wi-Fi y Red Celular

Como se ha mencionado, esta aplicación está registrando en un servidor web todo evento que se presenta en la máquina, para lo cual se lleva a cabo una comunicación a internet vía Wi-Fi o red celular, si es que están disponibles y presentan flujo de datos.

Si por alguna razón la aplicación no puede conectarse a internet para subir la información necesaria, la aplicación tiene la facultad de reportarnos el fallo de la comunicación a internet en cualquier momento. Dicha falla se puede presentar cuando a la red Wi-Fi, a la que sé esta conectada, no tiene flujo de datos o en su defecto que no sé está conectado a ninguna red Wi-Fi, en relación a la red celular, el fallo más común es que la línea no pueda acceder a internet por falta de saldo o un plan de datos activo. En cualquiera de estos casos se podrá apreciar el mensaje “Error de Internet” como el de la Figura 49.



Figura 49. Pantalla de fallo de la conexión a Internet.

4.3. Historial de Eventos

En esta parte de la aplicación podemos ver todo el historial de eventos de la máquina, el cual muestra la hora, fecha, longitud (L), número de tramos (T), total de cable procesado en el evento (longitud multiplicado por número de tramos) y el tipo de evento que se produjo como se muestra en la Figura 50.



| Hora: | Fecha: | L: | T: | Total: | Estado: |
|----------|------------|-----|----|--------|------------|
| 18:06:59 | 2020-01-29 | 0 | 0 | 0 | Avanza |
| 18:06:57 | 2020-01-29 | 0 | 0 | 0 | Corte |
| 18:06:52 | 2020-01-29 | 0 | 0 | 0 | Retrocede |
| 18:06:19 | 2020-01-29 | 0 | 0 | 0 | Paro Ciclo |
| 18:06:14 | 2020-01-29 | 20 | 20 | 400 | Ciclo |
| 18:05:50 | 2020-01-29 | 0 | 0 | 0 | Play |
| 18:05:29 | 2020-01-29 | 0 | 0 | 0 | Avanza |
| 18:05:23 | 2020-01-29 | 0 | 0 | 0 | Retrocede |
| 18:04:45 | 2020-01-29 | 0 | 0 | 0 | Pause |
| 18:04:37 | 2020-01-29 | 100 | 20 | 2000 | Ciclo |

Figura 50. Historial de eventos en aplicación.

Dicha información también se encuentra disponible en la siguiente página web que se ha desarrollado para este fin: <https://olinki.000webhostapp.com/>

En esta página web se encuentra el servidor donde se almacena la información, enviada desde la aplicación, en una base de datos.

En esta página web se pretende subir información para comercializar el producto, una vez que se obtenga el registro del modelo de utilidad, por el momento solo se muestra el historial de eventos como se muestra en la Figura 51.

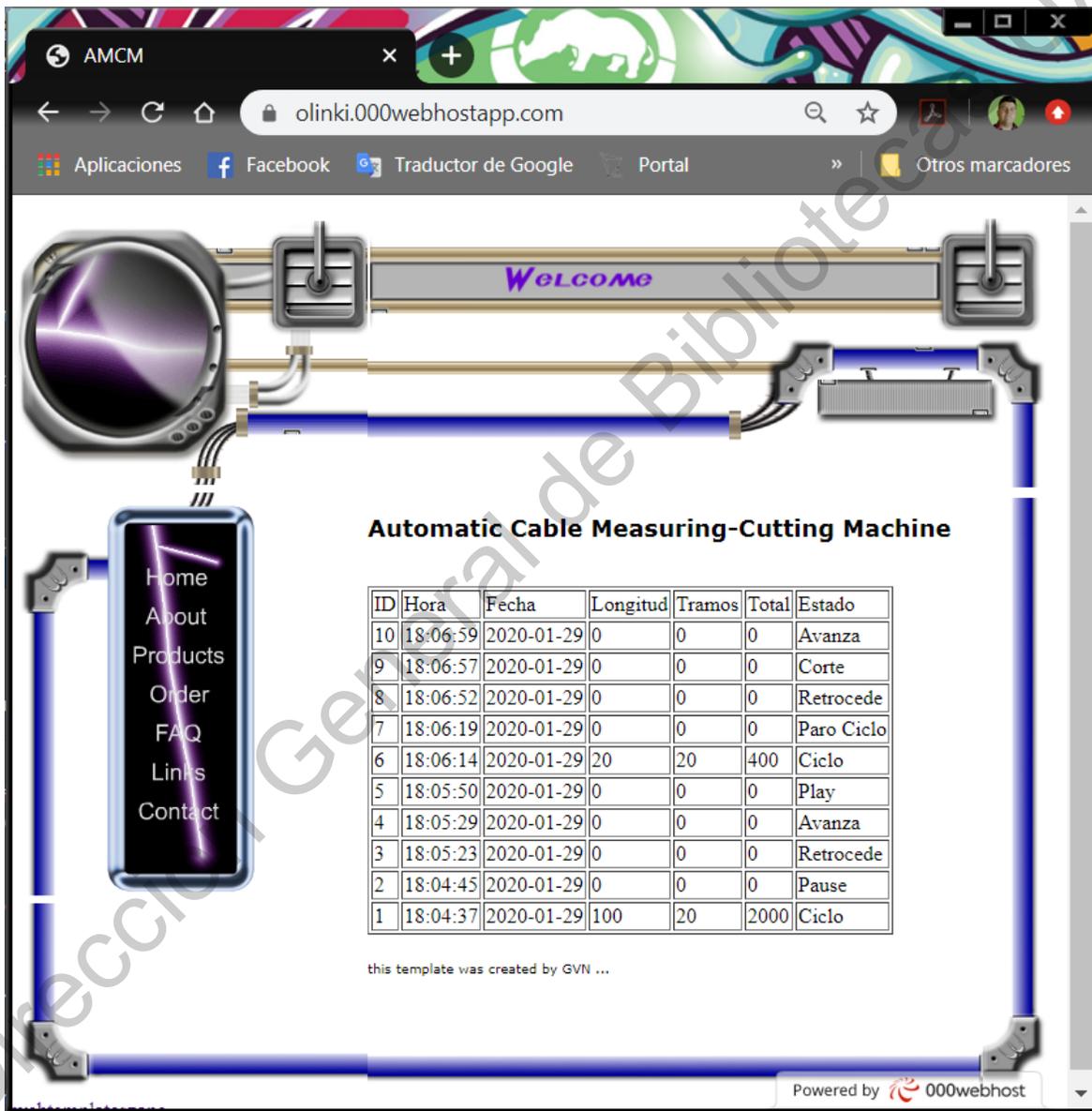


Figura 51. Historial de eventos en página web.

4.4. Análisis De Las Pruebas De Corte.

Se llevaron a cabo las pruebas de corte con cable calibre 22 AWG para verificar el buen funcionamiento de la máquina, dichas pruebas se realizaron mediante la aplicación de Android desarrollada en este proyecto.

Una vez realizadas estas pruebas de corte que consistieron en 8 tramos de cable de 30 cm de calibre 22 AWG como se puede observar en la Figura 52. Lo anterior para poder llevar a cabo un análisis estadístico que nos permita determinar el error de medición que presenta el equipo.

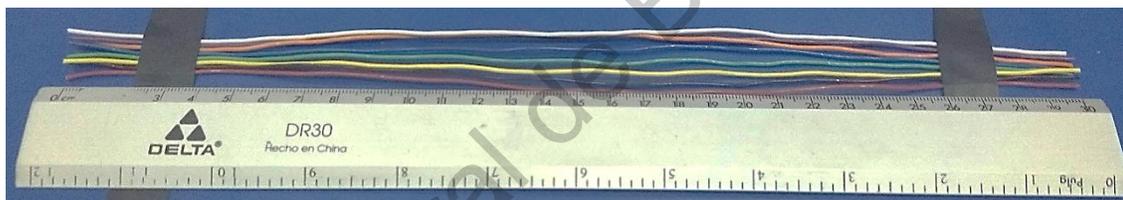


Figura 52. Pruebas de corte.

Aunado a esto se realiza un análisis de capacidad de proceso para determinar la habilidad potencial de la máquina para producir tramos de cable dentro de los límites de especificación de manera continua.

Los resultados de estas pruebas se pueden observar en la Tabla 3.

| Medición en 30 CM | |
|-------------------|-----------|
| N. Prueba | Resultado |
| 1 | 30.1 |
| 2 | 30.0 |
| 3 | 29.9 |
| 4 | 30.0 |
| 5 | 30.0 |
| 6 | 29.9 |
| 7 | 30.0 |
| 8 | 30.1 |

Tabla 3. Medición en 30 cm.

Las mediciones se realizaron con una regla marca DELTA DR30 de 30 cm cuya resolución es de 1 mm. Posteriormente con los resultados de las mediciones se realizó un estudio estadístico básico realizado en Minitab 17. Se obtuvieron los resultados que se muestran en la Figura 53.

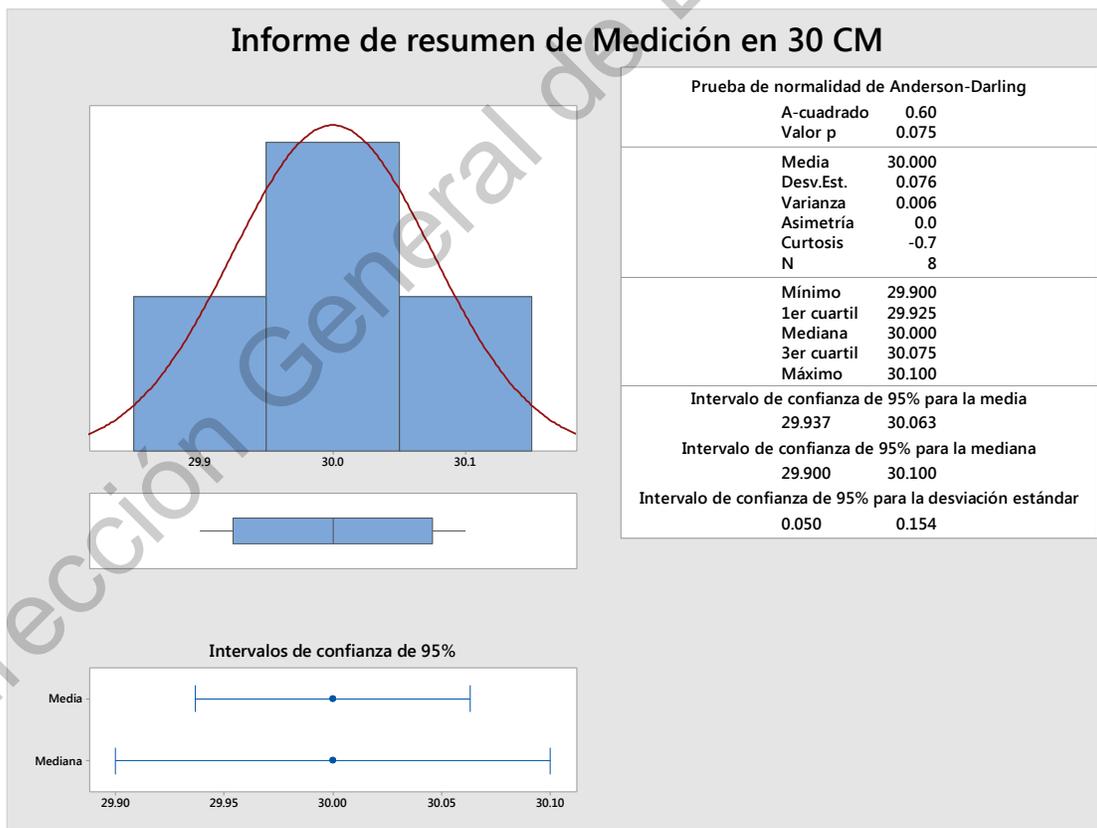


Figura 53. Informe de medición en 30 cm.

Capítulo 4. Resultados

Como se muestra en la Figura 53, las pruebas de corte presentan una desviación estándar de 0.076 y una varianza de 0.006, con lo que podemos concluir que la medición tiene una variabilidad menor a 1 mm, por lo cual representa un error del 0.33%.

A continuación se muestran el informe de capacidad del proceso en la medición de 30 cm de calibre 22 AWG como se muestra en la Figura 54.

Con lo anterior podemos determinar el correcto funcionamiento de la máquina, debido a que presenta un Cp de 2.63 y un Cpk de 2.63, lo cual determina que podemos esperar menos de 4 mediciones fuera de especificación en un millón de cortes en un rango de medición de 30 cm.

Además se verifica que en dicho rango de medición la máquina presenta menos del 1% de error de medición, lo cual es menor que el de los modelos comerciales, el cual es del 2% en los mejores casos.

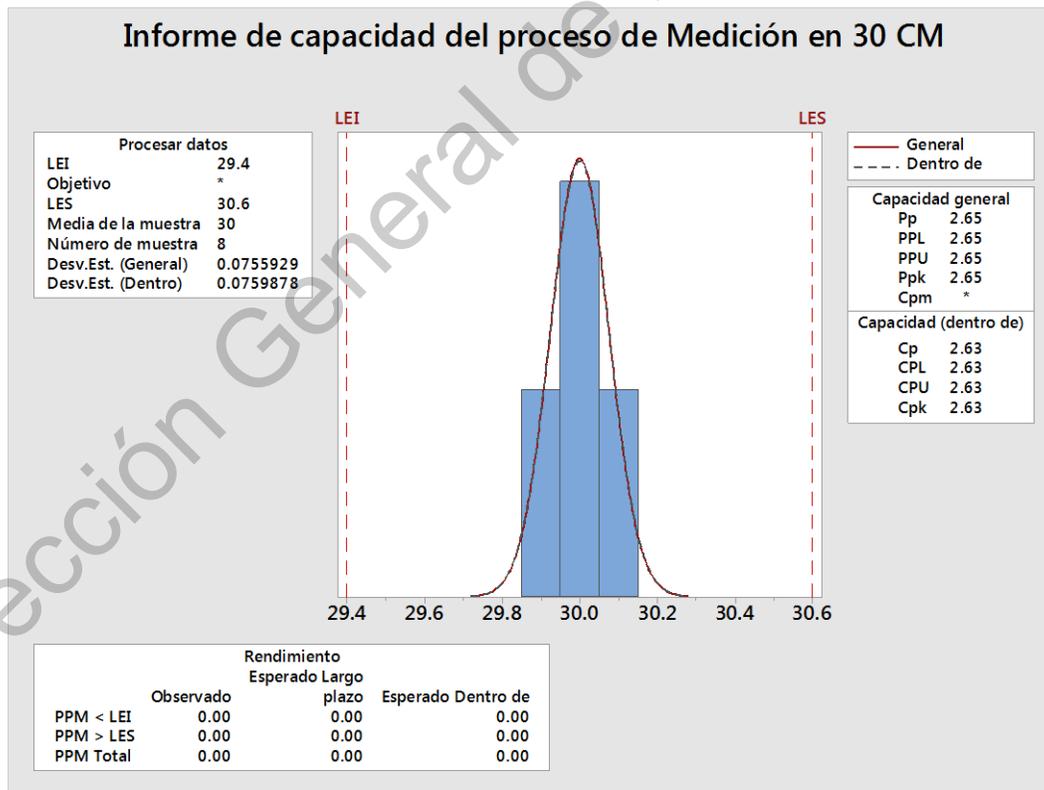


Figura 54. Informe de capacidad de proceso de medición en 30 cm.

En la Figura 55 se puede observar la máquina medidora-cortadora de cable con la que se realizó este trabajo, dicho modelo fue diseñado especialmente para ser impreso en 3D.



Figura 55. Máquina Medidora-Cortadora de Cable – Modelo Impreso en 3D.

Capítulo 5. Conclusiones

El desarrollo de este prototipo de software, complementa el trabajo desarrollado de la máquina medidora-cortadora de cable. De modo que se tiene un sistema que puede ser aplicado en un proceso donde se requiera el corte de cable de manera repetitiva para ciertas longitudes.

Adicionalmente, el software permite controlar la máquina desde cualquier dispositivo móvil con sistema operativo Android y que cuente con comunicación Bluetooth e internet.

El software permite configurar el número de cortes, la medida de cable, y el calibre del mismo. También permite realizar pausas o detener completamente el proceso.

En consonancia con la industria 4.0, el sistema permite enviar información a una base de datos en la nube, donde el usuario puede recuperarla y visualizar el trabajo que ha desempeñado la máquina.

Al haber trabajado en el desarrollo de este tipo de máquinas, ha permitido desarrollar experiencia y habilidades de manufactura, programación y planeación, a la vez que se establece la base para el desarrollo de máquinas con impacto industrial.

El objetivo planteado al inicio de este proyecto, se ha cumplido, debido a que se desarrolló la aplicación en Android Studio que permite el control y monitoreo de la máquina medidora-cortadora de cable con comunicación Bluetooth.

Capítulo 5. Conclusiones

En la aplicación se implementó el concepto de IoT, debido a que comparte y procesa información en internet.

Con lo anterior, se resolvió el problema de la medición y corte de cable para distintos fines, quedando validado mediante análisis estadístico, siendo el más importante la fabricación de arneses industriales.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

Referencias

- Carl, A. E. (1970). *U.S. Patent No. 3,523,392*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Scher, J. W. (1971). *U.S. Patent No. 3,579,842*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Gudmestad, R. (1972). *U.S. Patent No. 3,701,301*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Gudmestad, R. (1974). *U.S. Patent No. 3,857,306*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Ducret, L. C. (1984). *U.S. Patent No. 4,476,754*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Truong, N. V., & Vu, D. L. (2012, November). Remote monitoring and control of industrial process via wireless network and Android platform. In *2012 International Conference on Control, Automation and Information Sciences (ICCAIS)* (pp. 340-343). IEEE.
- Lian, K. Y., Hsiao, S. J., & Sung, W. T. (2013). Mobile monitoring and embedded control system for factory environment. *Sensors*, *13*(12), 17379-17413.
- Hanggoro, A., Putra, M. A., Reynaldo, R., & Sari, R. F. (2013, June). Green house monitoring and controlling using Android mobile application. In *2013 International Conference on QiR* (pp. 79-85). IEEE.
- Mowad, M. A. E. L., Fathy, A., & Hafez, A. (2014). Smart home automated control system using android application and microcontroller. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, *5*(5), 935-939.

Referencias

- Nádvorník, J., & Smutný, P. (2014, May). Remote control robot using Android mobile device. In *Proceedings of the 2014 15th International Carpathian Control Conference (ICCC)* (pp. 373-378). IEEE.
- Alexander, T. J. (2015, March). An implementation of mobile control room environment in android platform for industrial applications. In *2015 International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies [ICCPCT-2015]* (pp. 1-4). IEEE.
- Deshpande, A., Pitale, P., & Sanap, S. (2016). Industrial automation using Internet of Things (IOT). *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, 5(2), 266-269.
- Shinde, K. S., & Bhagat, P. H. (2017, February). Industrial process monitoring using IoT. In *2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)* (pp. 38-42). IEEE.
- Artosengineering.com. (2019). *Artos Engineering - The first name in wire processing equipment*. [online] Available at: <http://artosengineering.com> [Accessed 27 Aug. 2019].
- Castellanos, L. (2020). *Sistemas Operativos Móviles*. [online] DTyOC. Available at: <https://dtyoc.com/2016/10/03/sistemas-operativos-moviles/> [Accessed 21 Jan. 2020].
- Gironés, J. T. (2011). *El gran libro de Android*. Marcombo.
- Android Studio FAQs. (2020). *Android Studio: Historia*. [online] Available at: <https://androidstudiofaqs.com/conceptos/android-studio-historia> [Accessed 21 Jan. 2020].
- Genbeta.com. (2020). *Eclipse IDE*. [online] Available at: <https://www.genbeta.com/desarrollo/eclipse-ide> [Accessed 21 Jan. 2020].

Referencias

- Sites.google.com. (2020). *Proyecto App inventor - ThinkingNet*. [online] Available at: <https://sites.google.com/site/appinventorspain/project-definition> [Accessed 21 Jan. 2020].
- Tekzup. (2020). *7 plataformas diferentes para desarrollar Android Apps - Tekzup*. [online] Available at: <https://tekzup.com/7-plataformas-diferentes-desarrollar-android-apps/> [Accessed 21 Jan. 2020].
- unocero. (2020). *Basic 4 Android: para programar apps fácilmente*. [online] Available at: <https://www.unocero.com/noticias/basic-4-android-para-programar-apps-facilmente/> [Accessed 21 Jan. 2020].
- Definición.de. (2020). *Definición de bluetooth — Definicion.de*. [online] Available at: <https://definicion.de/bluetooth/> [Accessed 22 Jan. 2020].
- Yepez-López, I., Villalvazo-Laureano, E., Flores-Benítez, R., & Pérez-González, M. Activación de Cargas Eléctricas a Través de Comandos de Voz vía Módulo HC-05 y Arduino.
- Naylampmechatronics.com. (2020). Configuración del módulo bluetooth HC-05 usando comandos AT. [online] Available at: https://naylampmechatronics.com/blog/24_configuracion-del-modulo-bluetooth-hc-05-usa.html [Accessed 28 Jan. 2020].
- Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: fabricando el futuro* (Vol. 647). Inter-American Development Bank.
- Fundacionseres.org. (2020). [online] Available at: <https://www.fundacionseres.org/Lists/Informes/Attachments/987/150923%20internet-of-things.pdf> [Accessed 30 Jan. 2020].
- García, D. (2020). *Mobile Automation - Automatización en dispositivos móviles - infoPLC*. [online] Infoplcn.net. Available at: <https://www.infoplcn.net/blogs-automatizacion/item/101756-mobile-automation-automatizacion-en-dispositivos-moviles> [Accessed 22 Jan. 2020].
- Schleuniger.com. (2020). Schleuniger North America. [online] Available at: <https://www.schleuniger.com/na/mx> [Accessed 30 Jan. 2020].

Referencias

- Androidcurso.com. (2020). Máster en Desarrollo de Aplicaciones Android - Comparativa con otras plataformas. [online] Available at: <http://www.androidcurso.com/index.php/recursos/31-unidad-1-vision-general-y-entorno-de-desarrollo/98-comparativa-con-otras-plataformas> [Accessed 30 Jan. 2020].
- Android. (2020). La historia de Android. [online] Available at: https://www.android.com/intl/es-419_mx/history/ [Accessed 30 Jan. 2020].
- Enmbl.com. (2020). apple-iphone-ios-logo-900×330 – Enable Mobile. [online] Available at: <https://enmbl.com/home/apple-iphone-ios-logo-900x330/> [Accessed 30 Jan. 2020].
- Logodix.com. (2020). Windows Phone Logo - LogoDix. [online] Available at: <https://logodix.com/windows-phone> [Accessed 30 Jan. 2020].
- F., A. (2020). BlackBerry has 30% market share in Venezuela, trailing only Android's 39%. [online] Phone Arena. Available at: https://www.phonearena.com/news/BlackBerry-has-30-market-share-in-Venezuela-trailing-only-Androids-39_id66502 [Accessed 30 Jan. 2020].
- VIX. (2020). Symbian, el Sistema Operativo móvil. [online] Available at: <https://www.vix.com/es/btg/tech/2007/03/12/symbian-el-sistema-operativo-movil> [Accessed 30 Jan. 2020].
- Es.wikipedia.org. (2020). Historial de versiones de Android. [online] Available at: https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Historial_de_versiones_de_Android [Accessed 31 Jan. 2020].
- Android Developers. (2020). Download Android Studio and SDK tools | Android Developers. [online] Available at: <https://developer.android.com/studio> [Accessed 30 Jan. 2020].
- Gala, F. (2020). Eclipse, qué es y cómo se instala. [online] Rootear. Available at: <https://rootear.com/desarrollo/eclipse> [Accessed 30 Jan. 2020].

Referencias

- Appinventor.mit.edu. (2020). MIT App Inventor | Explore MIT App Inventor. [online] Available at: <https://appinventor.mit.edu/> [Accessed 30 Jan. 2020].
- Pinterest. (2020). b4a (Basic4android) | Application development, Android, Free. [online] Available at: <https://www.pinterest.com.mx/pin/294141419391593612/> [Accessed 30 Jan. 2020].
- Logosmarcas.com. (2020). Bluetooth Logo | LOGOS de MARCAS. [online] Available at: <https://logosmarcas.com/bluetooth-logo/> [Accessed 30 Jan. 2020].
- CASADOMO. (2020). Nace el primer Subgrupo para crear especificaciones de los modelos de red malla Bluetooth • CASADOMO. [online] Available at: <https://www.casadomo.com/2019/01/18/nace-primer-subgrupo-crear-especificaciones-modelos-red-malla-bluetooth> [Accessed 30 Jan. 2020].
- T13.cl. (2020). T13 | Tele 13. [online] Available at: <https://www.t13.cl/noticia/tendencias/tenia-diente-azul-rey-vikingo-dio-nombre-al-bluetooth> [Accessed 30 Jan. 2020].
- HC05, M. (2020). Módulo Bluetooth HC05 - Naylamp Mechatronics - Perú. [online] Naylamp Mechatronics - Perú. Available at: <https://naylampmechatronics.com/inalambrico/43-modulo-bluetooth-hc05.html> [Accessed 30 Jan. 2020].
- Maynard, A. (2020). La 4° revolución industrial.. [online] Hipermediaciones. Available at: <https://hipermediaciones.com/2018/06/10/la-4o-revolucion-industrial/> [Accessed 30 Jan. 2020].
- Cambiodigital-ol.com. (2020). IoT: Qué necesitan saber los profesionales de la red | CambioDigital OnLine. [online] Available at: <https://cambiodigital-ol.com/2018/12/iot-que-necesitan-saber-los-profesionales-de-la-red/> [Accessed 30 Jan. 2020].