

**PROTOTIPO CON UNA PLATAFORMA DE MONITOREO
PARA CELDAS SOLARES EN UNA INTERFAZ GRAFICA**

**JUAN PABLO ISAZA RUIZ
ANDRÉS FELIPE ZULUAGA HINCAPIÉ
ANDRÉS MAURICIO MESA RAMÍREZ**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERIA
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA
MEDELLÍN
2017**

**PROTOTIPO CON UNA PLATAFORMA DE MONITOREO
PARA CELDAS SOLARES EN UNA INTERFAZ GRAFICA**

Trabajo de grado para optar al título de tecnólogo electrónico

**JUAN PABLO ISAZA RUIZ
ANDRÉS FELIPE ZULUAGA HINCAPIÉ
ANDRÉS MAURICIO MESA RAMÍREZ**

Asesor:

**Carlos Mario Moreno Paniagua
Ingeniero electricista**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERIA
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA
MEDELLÍN**

2017

Contenido

	Pág.
Contenido	3
Resumen	2
Abstract	3
Glosario	4
Introducción	5
1. Planteamiento del problema	6
1.1 Descripción del problema	6
1.2 Formulación	7
2. Justificación	8
3. Objetivo	9
3.1 General	9
3.2 Específicos	9
4. Marco teórico.....	10
4.1 Efecto fotoeléctrico	10
4.2 Características eléctricas de un panel solar	13
4.2.1 Curvas I-V..	14
4.2.2 Corriente de Corto Circuito (I_{sh})..	15
4.2.3 Voltaje de Circuito Abierto (V_{oc}).....	16
4.2.4 Potencia Máxima (P_{max})..	16
4.2.5 Intensidad..	17
4.2.6 Efecto de la temperatura.....	18
4.2.7 Temperatura de trabajo del panel.	18
4.2.8 Factor de degradación.....	19
4.2.9 Evaluación de la potencia de salida.....	20
4.2.10 Eficiencia de una celda solar.	20

4.3 Transductores, sensores y accionamientos.....	21
4.3.1 Acondicionamiento y presentación de señal..	24
4.3.2 Tipos de sensores.....	25
4.3.3 Características generales de los sensores.....	29
4.3.3.1 Características estáticas	31
4.3.3.2 Características dinámicas.:	33
4.4 Software Labview de National Instruments	34
4.4.1 Por qué Labview?	34
4.4.2 Labview y el hardware.	35
4.4.3 El lenguaje Grafico.....	35
4.5 Arquitectura interna del autómata	36
4.5.1 Bloques esenciales de un autómata.	38
4.5.2 Unidad central de proceso (CPU).....	41
4.5.3 Memoria del autómata.	44
4.5.4 Memoria de programa.	53
4.5.5 Interfaces de entrada y salida.....	55
4.5.6 Programación del autómata.	57
5. Metodología	61
5.1 Tipo de estudio	61
5.2 Método	61
5.3 Población y muestras.....	62
5.3.1 Instrumentos de recolección de muestras.....	62
5.3.2 Fuentes primarias	62
5.3.3 Fuentes secundarias.....	62
6. Resultados del proyecto	64
7. Conclusiones	77
8. Recomendaciones.....	78
Referencias bibliográficas	79

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Paneles solares, Parqueadero Institución Universitaria Pascual Bravo.....	6
<i>Figura 2.</i> Efecto fotovoltaico.	10
<i>Figura 3.</i> Enlaces de diferentes semiconductores.	11
<i>Figura 4.</i> Características de un panel solar.	13
<i>Figura 5.</i> Producción de panel solar.....	14
<i>Figura 6.</i> Características de una celda solar.....	15
<i>Figura 7.</i> Modelo circuital de una celda solar.....	16
<i>Figura 8.</i> Transductores y sensores.....	22
<i>Figura 9.</i> Acondicionamiento de señal.....	24
<i>Figura 10.</i> Tipos de sensores.....	25
<i>Figura 11.</i> Diagrama de bloques labview.	36
<i>Figura 12.</i> Autómata siemens.	37
<i>Figura 13.</i> Diagrama de bloques de un autómata programable.	38
<i>Figura 14.</i> Estructura de conexión mediante buses.....	40
<i>Figura 15.</i> Diagrama de bloques de la CPU.....	43
<i>Figura 16.</i> Tipos de memoria y aplicaciones en un autómata programable.....	47
<i>Figura 17.</i> Acceso a las memorias imagen de entradas y salidas.	50
<i>Figura 18.</i> Secuencia de ejecución del programa de usuario.	51
<i>Figura 19.</i> Estructura típica de un mapa de memoria y ejemplos.....	54
<i>Figura 20.</i> Intercambios de información en un sistema de autómatas.	58
<i>Figura 21.</i> Paneles solares parqueadero Institución Universitaria Pascual Bravo.	64
<i>Figura 22.</i> Plano de conexión.	65
<i>Figura 23.</i> Autómata AMP14F4U8Q.....	66
<i>Figura 24.</i> Graficador de variables.....	66
<i>Figura 25.</i> Diagrama de conexión interconexión del autómata.	67
<i>Figura 26.</i> Conexión del autómata.	67
<i>Figura 27.</i> Curva de temperatura del termistor ntc 10k.	68
<i>Figura 28.</i> Calibración de sensores.	69

<i>Figura 29.</i> Led driver TCI programable.....	70
<i>Figura 30.</i> Panel solar desarmado.	70
<i>Figura 31.</i> Diagrama de conexión interno de un panel solar.	71
<i>Figura 32.</i> Voltaje en circuito abierto del panel solar.....	72
<i>Figura 33.</i> Corriente de corto circuito del panel solar.	72
<i>Figura 34.</i> Módulo wi-fi.....	73
<i>Figura 35.</i> Terminal serial.....	74
<i>Figura 36.</i> Puente modbus.	74
<i>Figura 37.</i> Panel frontal y diagrama de bloques de labview.....	75
<i>Figura 38.</i> Herramientas de personalización y bloques.	76
<i>Figura 39.</i> Plataforma de visualización de variables.	76

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Clasificación de los sensores.</i>	28
Tabla 2. <i>Sensores y métodos de detección ordinaria para las magnitudes más frecuentes</i>	29
Tabla 3 <i>Ficha técnica panel solar led Street light.</i>	62

Resumen

PROTOTIPO CON UNA PLATAFORMA DE MONITOREO PARA CELDAS SOLARES EN UNA INTERFAZ GRAFICA

JUAN PABLO ISAZA RUIZ
ANDRÉS FELIPE ZULUAGA HINCAPIÉ
ANDRÉS MAURICIO MESA RAMÍREZ

Este proyecto consiste en la construcción de un módulo de monitoreo de un panel solar de la Institución Universitaria Pascual Bravo, a través de un dispositivo wi-fi, este enviara las variables detectadas: voltaje, corriente, temperatura, estas podrán ser visualizadas en una interfaz gráfica instalada en un servidor. El propósito de este trabajo, es que en futuro se pueda implementar en todos los paneles solares de la institución, convirtiendo este en un sistema fotovoltaico robusto.

Con esta implementación se podrá establecer la periodicidad de los mantenimientos, saber la eficiencia del sistema, tomar los correctivos necesarios para mantener la estabilidad de este. Hay muchas variables que pueden afectar el sistema, lo cuales se mencionan en el desarrollo del escrito.

Palabras claves: panel solar, monitoreo, voltaje, temperatura, corriente, interfaz gráfica.

Abstract

PROTOTYPE WITH A MONITORING PLATFORM FOR SOLAR CELLS IN A GRAPHIC INTERFACE

JUAN PABLO ISAZA RUIZ
ANDRÉS FELIPE ZULUAGA HINCAPIÉ
ANDRÉS MAURICIO MESA RAMÍREZ

This project consists of the construction of a module of monitoring of a solar panel of the University Institution Pascual Bravo, through a Wi-Fi device, this will send the sensed variables: voltage, current, temperature, these can be visualized in an interface Graphics card installed on a server. The purpose of this work is that in future it can be implemented in all solar panels of the institution, turning this into a robust photovoltaic system.

With this implementation, it will be possible to establish the periodicity of the maintenance, to know the efficiency of the system, to take the correctives necessary to maintain the stability of the system. There are many variables that can affect the system, which are mentioned in the development of the writing.

Keywords: solar panel, monitoring, Wi-Fi, voltage, temperature, current, graphical interface.

Glosario

Corriente eléctrica: o intensidad eléctrica es el flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe al movimiento de las cargas (normalmente electrones) en el interior del material.

Fotones: Es la partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética, incluyendo a los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible, la luz infrarroja, las microondas, y las ondas de radio. El fotón tiene masa cero y viaja en el vacío con una velocidad constante.

Fotovoltaico: La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial. La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener diferencias de potencial mayores.

Radiación: Esta energía liberada del Sol se transmite al exterior mediante la radiación solar. El Sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro, el cual emite energía siguiendo la ley de Planck a la temperatura ya citada. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.

Temperatura: es una magnitud referida a las nociones comunes de calor medible mediante un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica.

Voltaje: es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. También se puede definir como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla entre dos posiciones determinadas

Introducción

La ley 1715 del 13 de mayo de 2014, estimula la implementación de energías alternativas en Colombia. Esta ley busca promover iniciativas de inversión de capital privado o público para el fomento de estas tecnologías de energía renovable y así, buscar emprender nuevos nichos de negocio orientados a la implementación, puesta en servicio y mantenimiento de estas formas de generación de energía eléctrica no convencional. (Rojas, 2015)

Y realizando la implementación de estas políticas, Colombia da cumplimiento a compromisos adquiridos en la aprobación del estatuto de la agencia internacional de energías renovables (IRENA), que buscan concientizar a las diferentes naciones de la importancia de investigar y desarrollar fuentes de energía no convencionales para mejorar el medioambiente y todo lo que este contempla.

A medida que pasa el tiempo los seres humanos buscamos más formas de aprovechar la energía que proviene del sol, debido a la cantidad de contaminación que se genera al explotar los combustibles fósiles que generan la mayor parte de energía que se necesita diariamente, un ejemplo de esto es generación de energía utilizando carbón y petróleo los cuales tienen que ser combustionados para generar dicha energía y este proceso emite gases nocivos y dañinos para nuestra salud, para (Periodico Portafolio, 2010) la generación de energía hidráulica y eólica genera perjuicios, por los sistemas de captación bajo el agua y el cambio de lugar del césped que produce problemas a la biodiversidad.

Ante la necesidad de buscar más fuentes que nos brinden energía se crearon las células fotovoltaicas, las cuales son capaces de producir electricidad directamente del sol, estas células están protegidas por un recubrimiento de vidrio llamado panel solar, con esta tecnología ha aumentado la necesidad de crear mecanismos o aplicaciones para poder medir el rendimiento y la eficiencia de estos paneles solares en la generación de energía.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

En la institución universitaria Pascual Bravo existen un grupo de paneles solares que fueron implementados para alimentar las luminarias de los parqueaderos con tecnología led, sin embargo, es notorio que algunos de ellos no prenden al momento de caer el sol, o se apagan durante la noche después de unas horas de encendido, y en algunas celdas la energía almacenada no es usada en su totalidad.



Figura 1. Paneles solares, Parqueadero Institución Universitaria Pascual Bravo.
Fuente: imagen tomada desde dispositivo móvil.

Con base en esto, se quiere conocer las variables entregadas por las fotoceldas como; corrientes, voltaje y temperatura, con estos datos saber que tan eficiente son las celdas, saber la periodicidad de los mantenimientos, buscar el punto más eficaz con respecto al sol. Estos parámetros ayudaran a utilizar al máximo la energía dada por el sol y todas las características nominales del sistema fotovoltaico, con esto creando un ahorro energético significativo a la institución.

1.2 Formulación

¿Qué elementos tecnológicos se deben ajustar para hacer más eficiente el sistema de celdas solares de la Institución Universitaria Pascual Bravo, mediante el monitoreo permanente de datos de uso del sistema en diferentes horarios?

2. Justificación

En la Institución Universitaria Pascual Bravo esta implementado un sistema de celdas solares; este tipo de tecnología es una de los más utilizados en la actualidad en temas de ahorros energéticos, utilizando la radiación solar como fuente de energía renovable basados en los argumentos de (Periodico Portafolio, 2010) donde indica las problemáticas ambientales del uso y generación de otras fuentes energéticas, concluyendo que la energía solar o fotovoltaica es más limpia y menos impactante con el medio ambiente, con este sistema buscamos conocer e identificar los consumos, gastos, ahorros de energía, eficiencia.

Al ser estos sistemas tan costosos y de requerimientos de instalación precisa, no tanto en la mano de obra, si no de su ubicación con respecto al sol. Este proyecto busca atender la necesidad de saber si realmente la inversión hecha a estos sistemas, le está generando a la institución ahorros energéticos significativos, versus la inversión realizadas a estos, pues esto debe traer un costo beneficio, aparte de esto, el proyecto implementará una comunicación inalámbrica desde los paneles hasta una base remota, donde se podrá observar las variables dada por las celdas, con esto, estamos fortaleciendo un sistema fotovoltaico más robusto.

3. Objetivo

3.1 General

Crear una plataforma gráfica para el monitoreo de las variables: voltaje, corriente, temperatura e irradiación, adquiridas desde un panel solar similar a los existentes en el parqueadero de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

3.2 Específicos

Hacer una descripción de los paneles solares instalados en el parqueadero de la institución, obteniendo de estos las variables necesarias para el análisis de la eficiencia del sistema.

Implementar un módulo de monitoreo de un panel fotovoltaico en un laboratorio, para la instalación electrónica con algunos elementos de nuevas tecnologías.

Diseñar una plataforma con lenguaje gráfico para permitir facilidad al usuario en toma de datos de las variables censadas, utilizando un software gráfico, que permita hacer análisis en la toma de decisiones.

Poner en funcionamiento el sistema, hacer pruebas y ajustes, con un módulo de conexión inalámbrica, para el envío de datos a la base receptora vía wi-fi.

4. Marco teórico

4.1 Efecto fotoeléctrico

Se define como el efecto fotoeléctrico de una corriente a partir de una corriente eléctrica en ciertos materiales cuando estos se ven iluminados por radiación electromagnética, sin que sea necesario que aparezca una fuerza o intervenga ningún efecto mecánico o físico. La fotoelectricidad fue descubierta y descrita experimentalmente por Heinrich Hertz en 1887. A pesar de ello, el efecto fotoeléctrico o fotovoltaico constituyo un misterio para abierto para los científicos hasta que Albert Einstein en 1905 apporto una explicación al mismo, basando su formulación fotoelectricidad en una extensión del trabajo sobre los cuantos de Max Planck.

La generación de electricidad desde los paneles solares y las células fotovoltaicas constituyen algunas de las aplicaciones más conocidas del efecto fotoeléctrico.

Desde el punto de vista de la tecnología, se considera que, con la formulación del efecto fotoeléctrico, Albert Einstein dio origen a la física cuántica, madre de la electrónica moderna.

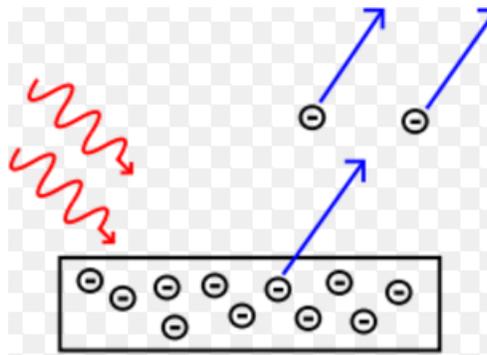


Figura 2. Efecto fotovoltaico.

Fuente: extraído de: https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_fotoel%C3%A9ctrico

En la figura 1, pude verse el diagrama del efecto fotovoltaico: los fotones incidentes son absorbidos por los electrones del medio dotándoles de una cantidad de energía que es suficiente para escapar del mismo.

El silicio como elemento químico cuenta con 14 electrones de los 4 son de valencia, lo que significa que están disponibles para unirse con los electrones de valencia de otros átomos. De este modo, en una configuración de cristal de silicio químicamente puro, cada átomo estará unido de forma covalente con otros 4 átomos de manera que dentro del cristal no habrá, como consecuencia del enlace químico, electrones libres.

En la realidad, algunos átomos de silicio en la configuración de cristal van a ser sustituidos por átomos de fósforo, elemento que tiene 5 electrones de valencia. Así, 4 serán utilizados para llevar a cabo los enlaces químicos con átomos adyacentes de silicio, mientras que el quinto podrá separarse del átomo de fósforo mediante una estimulación aportada por una fuente externa de energía térmica, con la que pasará a disfrutar de libertad y movimiento en el interior del retículo de cristal.

En sentido contrario, si la sustitución del átomo de silicio se realizase con átomos de boro, que solo tiene 3 electrones de valencia, se llegaría a una situación en la que sería necesario un electrón adicional para completar los enlaces químicos con átomos adyacentes de silicio. Este electrón que falta es denominado “hueco”, y produce un efecto opuesto, como si se tratase de un electrón ‘positivo’.

En la siguiente figura se muestra gráficamente la sustitución descrita; en la primera imagen se puede observar cuál es la estructura del retículo cristalino del silicio puro, en la segunda como es la variación de la estructura cuando se realiza una combinación con átomos de fósforo y en la última imagen aparece el retículo cristalino en el caso de enlace con átomos de boro.

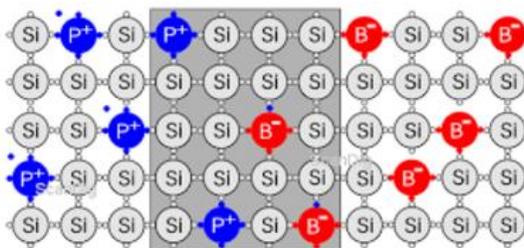


Figura 3. Enlaces de diferentes semiconductores.

Fuente: extraído de: http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/3139/1/Bachelor_Thesis_Untersuchung_des_solarenergetischen_Betriebs_einer_Membrandestillation_sanlage_in_Namibia.pdf

Por lo tanto, en el caso de que se produzca el enlace con fosforo, los portadores de cargas libres poseen potencial negativos y el material es llamado semiconductor de “tipo n “. Mientras, en el caso en que la mencionada sustitución de átomos de silicio se produzca con átomos de boro, los portadores de carga son positivos y el material es llamado de “tipo n”. Uniendo una barra de material de tipo n con una barra de material de tipo p se realiza la unión de dos de estos materiales “tipo-p” y “tipo-n”, constituyendo lo que se denomina diodo o enlace “p-n”.

Los electrones que se encuentran en estado libre dentro de la zona de material ‘tipo-n’ detectaran que existe colindante una región en la que no existen electrones libres y, esto hará que se genere un flujo de estos electrones portadores hacia la otra zona, como consecuencia del intento del restablecer el equilibrio. Del mismo modo, los huecos existentes en la ‘zona-p’ detectaran una región en la que no existen huecos y se producirá, por tanto, un flujo de cargas positivas en sentido contrario al flujo. Debido al avance de este proceso de difusión de electrones y huecos, en la ‘zona-p’ se generará un exceso de cargas positivas. Por tanto, el área de unión de los dos materiales se origina un campo eléctrico que se hace cada vez mayor a medida que huecos y electrones se siguen difundiendo hacia lados opuestos. Este proceso no terminara hasta que el potencial eléctrico de este campo alcance un valor que impida la posterior difusión de electrones y huecos.

Una vez se haya alcanzado este valor de equilibrio, se habrá creado en el diodo p-n un campo eléctrico permanente sin la ayuda de campos eléctricos elementos externos. Este potencial eléctrico permite explicar el porqué del efecto fotovoltaico.

Supongamos que un fotón (partícula que constituye un rayo solar) incide sobre el regio de tipo p del material. Si el fotón incidente posee una energía térmica mayor que la energía mínima necesaria para romper un enlace de retículo del silicio (band-gap) será absorbido y con ello se creará una nueva pareja electrón-hueco. El efecto de la creación de esta nueva pareja será que el electrón liberado se trasladará hacia la “zona-n” a causa del potencial eléctrico. En cambio, si el fotón incidiese sobre la zona n, se generaría también una nueva pareja, pero en este caso el hueco creado se moverá hacia la zona p.

Este flujo va a tener como consecuencia la acumulación de cargas positivas en la “zona-p” y de cargas negativas en la “zona-n”, dando origen a un campo eléctrico opuesto al creado por el mecanismo de difusión. Evidentemente, cuando mayor sea el número de fotones que inciden sobre la unión, mayor será el número de los campos que pasen a anularse el uno con el otro, hasta llegar que se alcancen un valor umbral en el que ya no haya un campo interno que separe cada pareja electrón-hueco.

Esta es la condición que determina la tensión a circuito abierto de la célula fotovoltaica. Si se colocase unos electrodos (contactos metálicos) sobre la superficie de la célula se puede utilizar el potencial creado, haciendo circular la corriente de electrones, (Rojas, 2015).

4.2 Características eléctricas de un panel solar

Las variables más importantes que describen un sistema de paneles solares es la relación entre voltaje y corriente. Factores como la temperatura de trabajo, radiación solar y carga eléctrica pueden alterar la curva (I-V). Con el conocimiento de estos parámetros se puede realizar un buen diseño, instalación y evaluación de los sistemas fotovoltaicos y que aplicaciones le podemos dar.

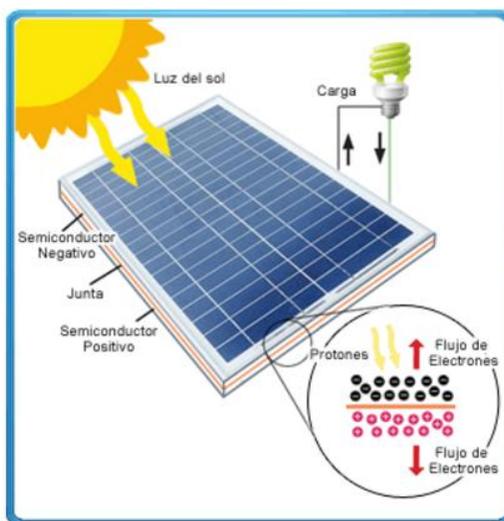


Figura 4. Características de un panel solar.

Fuente: extraído de: https://www.damiasolar.com/productos/placas_solares/panel-solar-ecosolar-100w-monocristalino_da0093_15

4.2.1 Curvas I-V. Si los valores de potencia luminosa y la orientación del panel permanecen constantes, la corriente de salida de un panel fotovoltaico varía con el valor del voltaje en la carga y su temperatura de trabajo. Esto se debe a las características intrínsecas de los materiales semiconductores. La relación existente entre corriente y voltaje se salida para un panel fotovoltaico (curva I-V), para cuatro temperaturas de trabajo, cuando el nivel de radiación permanece constante. Puede observarse que el valor máximo para el voltaje de salida corresponde a un valor de corriente nulo (voltaje circuito abierto), mientras que el valor máximo para la corriente corresponde a un voltaje de salida nulo (salida cortocircuitada). Todas las curvas tienen una zona donde el valor de la corriente permanece prácticamente constante para valores de la corriente creciente de voltaje de salida, hasta que alcanzan una zona de transición. A partir de esta zona, pequeños aumentos en el voltaje de salida ocasionan bruscas disminuciones en el valor de la corriente de la salida. El comienzo de la zona de transición se alcanza para menores valores de voltaje se salida cuando la temperatura de trabajos se incrementa.

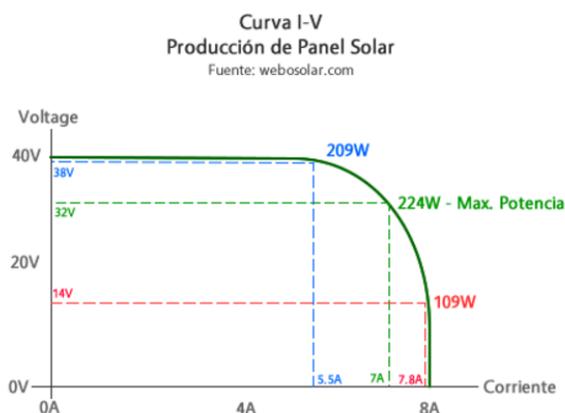


Figura 5. Producción de panel solar.

Fuente: extraído de: <http://www.webosolar.com/foro/controlador-carga-mppt-punto-maxima-potencia/>

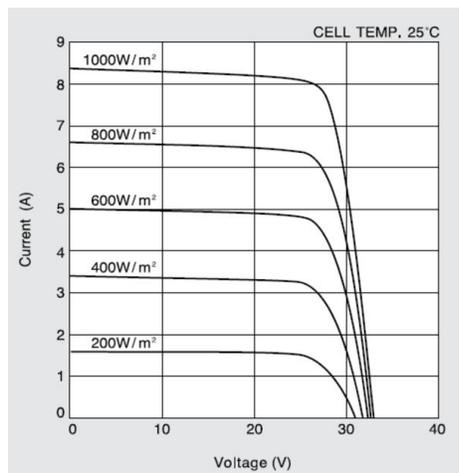


Figura 6. Características de una celda solar.

Fuente: extraído de: https://www.google.com.co/search?q=current-voltage+characteristics+of+photovoltaic+cell&rlz=1C1CHZL_esCO730CO731&source=lnms&tbn=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwiJ_7_r69zTAhW16iYKHBh4CeQQ_AUIBigB&biw=1536&bih=759#imgrc=UrpnYfjS3RARGM:

Para calcular los parámetros de las celdas solares es necesario conocer, la corriente en corto circuito y el voltaje en circuito abierto, que se definirán a continuación.

4.2.2 Corriente de Corto Circuito (I_{sh}). La corriente de corto circuito ocurre cuando la impedancia es aproximadamente cero (cortos circuitos) y se calcula cuando el voltaje en el módulo PV es cero voltios.

$$I = I_{sh}, \text{ para } V=0$$

La corriente de corto circuito ocurre al principio de la polarización de la celda y representa el valor máximo de corriente en el cuadrante de potencia (I-V). Es preciso aclarar que, para una celda ideal, esta corriente de corto circuito es la corriente total producida en la celda solar mediante irradiación solar; es decir, cuando la celda recibe la mayor excitación de fotones en su estructura interna.

$$I_{SC} = I_{MAX} = I_{\ell}$$

4.2.3 Voltaje de Circuito Abierto (V_{oc}). Es el voltaje que se mide a través del panel cuando no pasa corriente por el panel; es decir, sin carga conectada en la salida.

$$V = V_{oc} \text{ cuando } I=0$$

El voltaje V_{oc} se define igualmente como el voltaje máximo en el cuadrante de potencia (I-V).

4.2.4 Potencia Máxima (P_{max}). Desde la curva característica (I-V) es fácil calcular la potencia máxima que desarrolla el módulo fotovoltaico. La potencia en los puntos I_{sc} y V_{oc} es cero Watts, si utilizamos la ecuación $P=IV$. La potencia máxima ocurre entre estos dos puntos, cuando la corriente y el voltaje tienen un valor de I_{MP} y V_{MP} , respectivamente.

Para medir la curva característica de un módulo PV es necesario usar una carga eléctrica. Para módulos PV de alta potencia se utilizan capacitores o transistores de potencia. Para módulos y arreglos PV pequeños, se usa una resistencia variable. La corriente nominal de la resistencia debe ser mayor que la corriente de corto circuito (I_{sc}) del módulo PV.

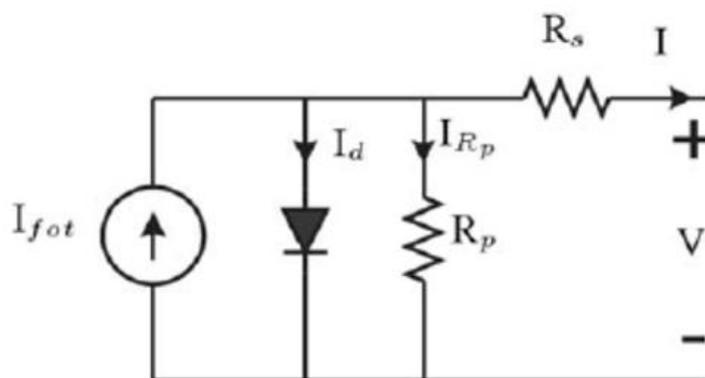


Figura 7. Modelo circuital de una celda solar.

Fuente: extraído de:

https://www.google.com.co/search?q=circuito+equivalente+de+una+celda+solar&rlz=1C1CHZL_esCO730CO731&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjx_omd2eHTAhVFOCYKHWyECbsQ_AUICigB&biw=1536&bih=759#imgrc=biiXVG0Kqn0_CM:

Con los logros alcanzados en este proyecto, se podrán implementar trabajos futuros buscando la optimización de los sistemas fotovoltaicos, buscando los puntos de mayor eficiencia manteniendo las variables de corriente y voltaje, para garantizar el punto máximo de potencia.

Los elevados costos de los paneles solares fotovoltaicos imponen la necesidad de operar continuamente los módulos FV en el punto de máxima potencia (PMP) independientemente de los factores climáticos y de la carga. Esto asegura una operación óptima y eficiente de todo el sistema FV. Como es bien conocido, la máxima potencia producida por una celda solar depende de su temperatura y de la radiación solar absorbida, los cuales representan factores climáticos impredecibles, de forma tal que es necesario un seguimiento continuo del punto de máxima potencia. Además, para sistemas FV acoplados a la red se requiere del uso de convertidores estáticos de potencia de alta eficiencia para inyectar potencia activa en el sistema eléctrico con el objetivo de descongestionar la red y de mejorar la calidad de suministro, entre otros factores.

La utilización de sensores que medirán; corriente, voltaje y temperatura, que medirán las variables que entrega la celda solar, serán ingresados al autómata y este nos entregara la información al software de la interfaz gráfica.

4.2.5 Intensidad. Es la corriente que genera el panel aumenta con la radiación, permaneciendo el voltaje aproximadamente constante. En la figura x poder verse, para unas condiciones de temperatura constante, como las curvas I-V de un panel varían por incidencia de la relación. En las curvas pueden apreciarse como la incidencia de la radiación afecta mucho más a la intensidad.

En este sentido tiene mucha importancia la colocación de los paneles (su orientación e inclinación respecto a la horizontal) ya que los valores de la radiación varían al largo del día en función de la inclinación del sol respecto al horizonte.

4.2.6 Efecto de la temperatura. En las células supone un incremento en la corriente, pero al mismo tiempo una disminución mucho mayor, en proporción, de la tensión. Esto implica tanto como la corriente de cortocircuito como el voltaje a circuito abierto se ven afectados por la temperatura de trabajo a un que el tipo de variación, así como su magnitud porcentual son distintos para estos dos parámetros.

Si tomamos como referencia los valores a 25°C, la corriente de cortocircuito aumenta moderadamente (del orden 1% a 50°C por un 3% a 75°C), mientras que el voltaje a circuito abierto disminuye sensiblemente (aproximadamente 8% a 50°C, pero cerca de un 15% a 75°C).

El efecto global es que la potencia del panel disminuye al aumentar la temperatura de trabajo del mismo.

Una radiación de 1000W/m² es capaz de calentar un panel unos 25 grados por encima de la temperatura del aire circundante, lo que reduce la tensión, y por tanto la potencia en factor superior al 10-12%.

Por ello es importante colocar los paneles en un lugar en el que este bien aireado

4.2.7 Temperatura de trabajo del panel. La temperatura de trabajo que alcanza un panel FV obedece una relación lineal dada por la extracción:

$$T_t = T_a + K * R$$

Donde:

- T_t es la temperatura de trabajo del panel,
- T_a es la máxima temperatura ambiente,
- R es el valor de la radiación solar en W/ m²,
- K es un coeficiente que varía entre 0.02 y 0.04 °C. m²/W, dependiendo de la velocidad promedio del viento.

Cuando esta es muy baja, o inexistente, el enfriamiento del panel es pobre o nulo, y K toma valores cercanos o iguales al máximo (0.04). Si la velocidad promedio del viento produce un enfriamiento efectivo del panel el valor de K será el mínimo (0.02).

El valor de R varía entre 800 y 1000 W/ m².

Para valores colocaciones con alto valor de insolación diaria se usa el máximo si existen nubes pasajeras que reducen el valor de irradiación, en el valor de R se reduce a 800 W/ m².

El producto kR representa el incremento de temperatura que sufre el panel sobre la máxima temperatura ambiente.

El primer paso en el calcula de potencia de salida de un panel fotovoltaico trabajando a una temperatura mayor que los 25°C, es determinar los valores de radiación solar y ambiental para la zona en que este será usado.

4.2.8 Factor de degradación. Para la mayoría de los paneles fotovoltaicos cuando la temperatura de trabajo aumenta, el valor de la potencia de salida disminuye. En la práctica, debido a la disipación de calor dentro de las células del panel, salvo en climas muy fríos, la temperatura de trabajo va a exceder siempre los 25°C. Cuando ello ocurre la potencia de salida nunca alcanza el valor pico especificado por el fabricante.

El diseño de un sistema fotovoltaico debe de tener en cuenta esta degradación del panel, a fin de asegurar que los requerimientos eléctricos del sistema pueden ser satisfechos durante los días más calurosos del verano. Para el periodo invernal si el mínimo para la temperatura promedio es menor a los 25°C, no se considera ninguna degradación para la potencia de salida pico.

La degradación puede ser calculada usando los valores dados por las curvas I-V a alta temperatura, pero este proceso es tedioso e impreciso, dada la pobre resolución de las curvas publicadas por los fabricantes. Por ellos es mucho más conveniente usar factores de degradación dados en forma porcentual con relación a la potencia pico. De este modo, los fabricantes suelen

aportar en las especificaciones técnicas del panel un factor de degradación, o de pérdida, en términos de pérdida porcentual de potencia máxima por °C. Incluso, en algunos casos el fabricante facilita información sobre coeficientes de pérdidas no solo en términos de disminución de potencia por variación de la temperatura de trabajo, sino también para la intensidad en cortocircuito frente a temperatura y de pérdida de tensión en circuito abierto frente a temperatura.

4.2.9 Evaluación de la potencia de salida. Una vez conocido el valor de la temperatura de trabajo del panel puede determinarse el valor de la potencia de salida. Para ello se utiliza la expresión siguiente:

$$P_t = P_p - (P_p * \delta * \Delta T)$$

Donde:

- P_t es la potencia de salida a la temperatura de trabajo (T_t);
- P_p es la potencia pico del panel (a 25°C);
- δ es el coeficiente de degradación
- es el incremento de temperatura por sobre los 25°C, es decir;
- $\Delta T = T_t - 25^\circ\text{C}$

4.2.10 Eficiencia de una celda solar. Es la proporción de la potencia convertida en energía eléctrica a partir de la luz solar total absorbida por un panel cuando dicha celda forma un circuito eléctrico. Esta proporción se calcula dividiendo la potencia máxima, P_m la luz que llega a la celda, irradiación G , bajo condiciones estándar y por el área superficial de la celda solar:

$$\eta = P_m / G * A$$

Donde:

- P_m es la potencia máxima en W
- G es la irradiación W/ m²
- A es el área en m²

La condición estándar significa una temperatura de 25°C y una irradiación de 1000W/ m² con una nada de aire espectral de 1,5, que corresponde a la irradiación y al espectro de la luz solar incidente en día claro sobre una superficie solar inclinada con respecto al sol con un ángulo de 41, 81° sobre la horizontal bajo estas condiciones una celda solar típica de 100 cm² y de una eficiencia del 12% aproximadamente, puede producir una potencia de 1.2W, (Rojas, 2015).

4.3 Transductores, sensores y accionamientos

Se denomina transductor, en general, a todo dispositivo que convierte una señal de una forma física a una en una señal correspondiente, pero de otra forma física distinta. Es, por tanto, un dispositivo que convierte un tipo de energía en otro. Esto significa que la señal de entrada es siempre una energía en potencia, pero al medir, uno de los componentes de la señal suele ser tan pequeña que puede despreciarse, y se interpreta que se mide la otra componente.

Al medir una fuerza, por ejemplo, se supone que el desplazamiento de transductor es despreciable, es decir, que no se “carga” al sistema, ya que de lo contrario podría suceder que este fuera incapaz de aportar la energía necesaria para el desplazamiento. Pero en la transducción siempre se extrae una cierta energía del sistema donde se mide, por lo que es importante garantizar que esto no lo perturba.

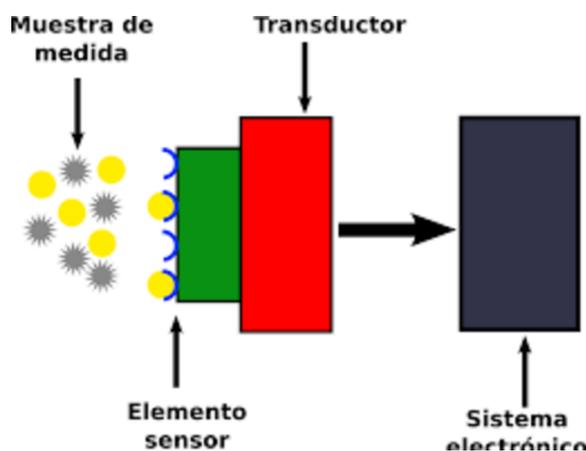


Figura 8. Transductores y sensores.

Fuente: extraído de:

https://www.google.com.co/search?q=caracteristicas+de+un+panel+solar&rlz=1C1CHZL_esCO730CO731&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR7rzzpInUAhUC6CYKHUzVAZkQ_AUICigB&biw=1536&bih=759&pr=1.25#tbm=isch&q=transductores+y+sensores&imgrc=yLx3F3hOpXVh8M:

Dado que hay seis tipos de señales: mecánicas, térmicas, magnéticas, eléctricas, ópticas y moleculares (químicas), cualquier dispositivo que convierta una señal de un tipo en una señal de otro tipo debería considerarse un transductor, y la señal de salida podría ser de cualquier forma física “útil” en la práctica, no obstante, se consideran transductores por antonomasia aquellos que ofrecen una señal de salida eléctrica. Ello se debe al interés de este tipo de señales en la mayoría de procesos de medida. Los sistemas de medida electrónicos ofrecen, entre otras, las siguientes ventajas:

Debido a la estructura electrónica de la materia, cualquier variación de un parámetro no eléctrico de un material viene acompañada por la variación de un parámetro eléctrico. Eligiendo el material adecuado, esto permite realizar transductores con salida eléctrica para cualquier magnitud física no eléctrica.

Dado que en el proceso de medida no conviene extraer energía del sistema donde se mide, lo mejor es amplificar la señal de salida del transductor. Con amplificadores electrónicos se pueden obtener fácilmente ganancias de potencia de 10^{10} en una sola etapa, a baja frecuencia.

Además de la amplificación, hay una gran variedad de recursos, en forma de circuitos integrados, para acondicionar o modificar las señales eléctricas. Incluso hay transductores que incorporan físicamente en un mismo encapsulado parte de estos recursos.

Existen también numerosos recursos para presentar o registrar información si se hace electrónicamente, pudiéndose manejar no solo datos numéricos, sino también textos, gráficos y diagramas.

La transmisión de señales eléctricas es más versátil que la de señales mecánicas, hidráulicas o neumáticas y si bien no hay que olvidar que estas pueden ser más convenientes en determinadas circunstancias, como pueden ser la presencia de radiaciones ionizantes o atmosferas explosivas, en muchos casos estos sistemas han sido sustituidos por otros eléctricos. De hecho, mientras en industrias de proceso (química, petróleo, gas, alimentaciones, textil, etc.), donde se introdujeron en seguida los sistemas automáticos, se encuentran actualmente sistemas neumáticos junto a sistemas eléctricos más recientes, en cambio en las industrias de manufacturados, donde hay una serie de procesos discontinuos y que son de automatización más reciente, apenas hay sistemas neumáticos.

Un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que es función de la variable medida. Sensores y transductores se emplean a veces como sinónimos, pero sensor sugiere un significado más extenso: la ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos. Transductor, en cambio, sugiere que las señales de entradas y de salidas no deben ser homogéneas. Para el caso en que lo fueran se propuso el término “modificador”, pero no ha encontrado aceptación.

La distinción entre transductor de entrada (señal física/señal eléctrica) y transductor de salida (señal eléctrica/presentación) está prácticamente en desuso. La tendencia actual, particularmente en robótica, es emplear el término sensor (o captador en bibliografía francesa) para designar el transductor de entrada, y el término actuador o accionamiento para designar el transductor de

salida. Los primeros pretenden la obtención de información, mientras que los segundos buscan la conversión de energía.

En esta obra utilizamos el término sensor para referirnos a los transductores de entrada. No se tratan los accionamientos o transductores de salida. A veces, sobre todo en el caso de la medida de magnitudes mecánicas, puede señalarse la presencia de un elemento designado como sensor primario, que convierte la variable de medida en una señal de medida, siendo el sensor electrónico quien la convierte en una señal eléctrica. Un método para medir una diferencia de presiones, por ejemplo, consiste en emplear un diafragma cuya deformación se mide mediante una galga extenso métrica. En este caso el diafragma es el sensor primario y la galga hace la transducción. No obstante, se denomina transductor al conjunto de ambos elementos junto con su encapsulado y conexiones, (Areny, 2007).

4.3.1 Acondicionamiento y presentación de señal. En sentido amplio, son los elementos del sistema de medidas que ofrecen, a partir de la señal de salida de un sensor electrónico, una señal apta para ser presentada o registrada o que simplemente permita un procesamiento posterior mediante un equipo o instrumento estándar. Consiste normalmente en circuitos electrónicos que ofrecen, entre otras funciones, las siguientes: amplificación, filtrado, adaptación de impedancias y modulación o demodulación.

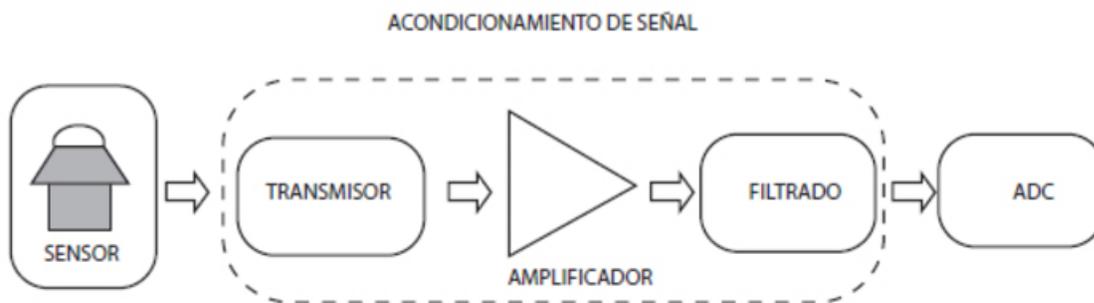


Figura 9. Acondicionamiento de señal.

Fuente: extraído de:

https://www.google.com.co/search?q=acondicionamiento+de+sensores&rlz=1C1CHZL_esCO730CO731&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiK7_mlr4nUAhWB6yYKHQmBDD0Q_AUICigB&biw=1536&bih=759#imgrc=weZ7R7DinsCVgM:

Si se considera, por ejemplo, el caso en que una de las etapas de tratamiento de la señal medida es digital, si la salida del sensor es analógica, que es lo más frecuente, hará falta un convertidor A/D. Estos tienen una impedancia de entrada limitada, exigen que en la señal aplicada sea continua o de frecuencia de variación lenta, y que su amplitud este entre unos límites determinados, que no suelen exceder 10V. Todas estas exigencias obligan a interponer un acondicionador de señal entre el sensor, que muchas veces ofrecen señales de apenas unos milivoltios, y el convertidor A/D.

La presentación de los resultados puede ser de forma analógica (óptica, acústica o táctil) o numérica (óptica). El registro puede ser magnético sobre el papel, incluso electrónico (memorias eléctricas), y exige siempre que la información de entrada este en forma eléctrica.

4.3.2 Tipos de sensores. El número de sensores disponibles para las distintas variables físicas es tan elevado que no se puede proceder racionalmente a su estudio sin clasificarlos previamente de acuerdo con algún criterio.

Según el aporte de energía, los sensores se pueden dividir en moduladores y generadores. En los sensores moduladores o activos, la energía de la señal de salida procede, en su mayor parte, de una fuente de energía auxiliar. La entrada solo controla la salida. En los sensores generadores o pasivos, en cambio, la energía de salida es suministrada por la entrada.



Figura 10. Tipos de sensores.

Fuente: extraído de:

https://www.google.com.co/search?q=caracteristicas+de+un+panel+solar&rlz=1C1CHZL_esCO730CO731&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR7rzzpInUAhUC6CYKHUzVAZkQ_AUICigB&biw=1536&bih=759&pr=1.25#tbn=isch&q=transductores+y+sensores&imgc=4K09B4-W9tK17M:

Los sensores moduladores requieren en general más hilos que los generadores, ya que la energía de alimentación suele suministrarse mediante hilos distintos a los empleados para la señal. Además, esta presencia de energía auxiliar puede crear un peligro de explosiones en algunos ambientes. Por el contrario, su sensibilidad se puede modificar a través de la señal de alimentación, lo que no permiten los sensores generadores. La designación de activo y pasivos se emplea en algunos textos con significado opuesto al que se ha dado, por lo que aquí no se hará uso de ella para evitar confusiones.

Según la señal de salida, los sensores se clasifican en analógicos o digitales. En los analógicos la salida varía, a nivel macroscópico, de forma continua. La información está en la amplitud, si bien se suelen incluir en este grupo los sensores con salida en el dominio temporal. Si es en forma de frecuencia, se denominan, a veces “casi digitales”, por la facilidad con que se puede convertir en una salida digital.

En los sensores digitales, la salida varía en forma de saltos o pasos discretos, no requieren conversión A/D y la transmisión de su salida es más fácil. Tienen mayor fidelidad y mayor fiabilidad, y muchas veces mayor exactitud, pero lamentablemente no hay modelos digitales para muchas de las magnitudes físicas de mayor interés.

Atendiendo al modo de funcionamiento, los sensores pueden ser de deflexión o de comparación. En los sensores que funcionan por deflexión la magnitud medida produce algún efecto físico, que engendra algún efecto similar, pero opuesto, en alguna parte del instrumento, y que está relacionado con alguna variable útil. Un dinamómetro para la medida de fuerza es un sensor de este tipo en el que la fuerza aplicada deforma un muelle hasta que la fuerza de recuperación de este, proporcional a su longitud, iguala la fuerza aplicada.

En los sensores que funcionan por comparación, se intentan mantener nula la deflexión mediante la aplicación de un efecto bien conocido, opuesto al generado por la magnitud a medir. Hay un detector del equilibrio y un medio para restablecerlo. En una balanza manual, por ejemplo, la colocación de una masa en un platillo provoca un desequilibrio, indicado por una

aguja sobre una escala. El operario coloca entonces una o varias masas en el otro platillo hasta alcanzar el equilibrio, que se juzga por la posición de la aguja.

Las medidas por comparación suelen ser más exactas porque el efecto conocido opuesto se puede calibrar con un patrón o magnitud de referencia de calidad.

El detector de desequilibrio solo mide alrededor de cero y, por lo tanto, puede ser muy sensible y no necesita estar calibrado, por el contrario, tiene en principio menor respuesta dinámica y, si bien se puede automatizar mediante un servo mecanismo, no se logra normalmente una respuesta tan rápida como en los de deflexión.

Según el tipo de relación entrada-salida, los sensores pueden ser de orden cero, de primer orden, de segundo orden o de orden superior, el orden está relacionado con el número de elementos almacenadores de energía independientes que incluye el sensor, y repercute en su exactitud y velocidad de respuesta. Esta clasificación es de gran importancia cuando el sensor forma parte de un sistema de control en lazo cerrado.

En la tabla 1, se recogen todos estos criterios de clasificación y se dan ejemplos de sensores de cada clase. Cualquiera de estas clasificaciones son exhaustiva, y cada una tiene interés particular para diferentes situaciones de medida. Ahora bien, para el estudio de un gran número de sensores se suelen acudir a su clasificación de acuerdo con la magnitud de medida. Se habla, en consecuencia, de sensores de temperatura, presión, caudal, humedad, posición, velocidad, aceleración, fuerza, par, etc. Sin embargo, esta clasificación difícilmente puede ser exhaustiva ya que la cantidad de magnitudes que se pueden medir es prácticamente inagotable. Piénsese, por ejemplo, en la variedad de contaminantes químicos en el aire o en el agua, o en la cantidad de proteínas diferentes que hay en el cuerpo humano y que interesa detectar.

Tabla 1.
Clasificación de los sensores.

Clasificaciones de los sensores.

<i>Criterio</i>	<i>Clases</i>	<i>Ejemplos</i>
Aporte de energía	Moduladores Generadores	Termistor Termopar
Señal de salida	Analógicos Digitales	Potenciómetro Codificador de posición
Modo de operación	De deflexión De comparación	Acelerómetro de deflexión Servoacelerómetro

Fuente: extraído de: <http://mimoso.pntic.mec.es/~pferna37/web/1.htm>

Desde el punto de vista de la ingeniería electrónica, es más atractiva la clasificación de los sensores de acuerdo con el parámetro variable: resistencia, capacidad, inductancia, añadiendo luego los sensores generadores de tensión, carga o corriente, y otros tipos no incluidos en los anteriores grupos. Si bien este tipo de clasificación es poco frecuente, es el elegido en este texto, pues permite reducir el número de grupos a unos pocos y se presta bien al estudio de los acondicionadores de señal asociados. En la figura 7, se recogen los sensores y métodos de detección ordinarios para las magnitudes más frecuentes, (Areny, 2007).

Tabla 2.

Sensores y métodos de detección ordinaria para las magnitudes más frecuentes.

Sensores y métodos de detección ordinarios para las magnitudes más frecuentes.									
Sensores	Magnitudes								
	Posición Distancia Desplazamiento	Velocidad	Aceleración Vibración	Temperatura	Presión	Caudal Flujo	Nivel	Fuerza	Humedad
Resistivos	Potenciómetros Galgas Magnetorresistencias		Galgas + masa- resorte	RTD Termistores	Potencióme- tros + tubo Bourdon	Anemóme- tros de hilo caliente Galgas + vola- dizo Termistores	Potencióme- tro + flota- dor Termistores LDR	Galgas	Humistor
Capacitivos	Condensador di- ferencial				Condensador variable + diafragma		Condensador variable	Galgas capaci- tivas	Dieléctrico variable
Inductivos y electro- magnéti- cos	LVDT Corrientes Fou- cault Resolver Inductosyn Efecto Hall	Ley Faraday LVT Efecto Hall Corrientes Foucault	LVDT + masa- resorte		LVDT + dia- fragma Reluctancia variable + diafragma	LVDT + rotáme- tro Ley Faraday	LVDT + flo- tador Corrientes Foucault	Magneto- elástico LVDT + célula carga	
Generadores			Piezoeléct- ricos + masa- resorte	Termopares Piroeléctricos	Piezoelectrónicos			Piezoelectrónicos	
Digitales	Codificadores in- crementales y absolutos	Codificadores incrementa- les		Osciladores de cuarzo	Codificador + tubo Bourdon	Vórtices			SAW
Uniones p-n	Fotoeléctricos			Diado Transistor Convertidores T/I			Fotoeléctricos		
Ultrasonidos	Reflexión	Efecto Doppler				Efecto Doppler Tiempo tránsito Vórtices	Reflexión Absorción		

Fuente: extraído de: <http://mimosa.pntic.mec.es/~pferna37/web/1.htm>

4.3.3 Características generales de los sensores. El comportamiento de un sistema en lazo cerrado depende muy directamente de los transductores e interfaces empleados en el lazo de realimentación, la relación salida/entrada en régimen permanente depende casi exclusivamente del bucle de realimentación. Así pues, dejando a un lado las características constructivas particulares de cada transductor o de cada sistema de medida previsto como lazo de realimentación. Es importante conocer diversos aspectos genéricos de su comportamiento a fin de prever o corregir la actuación tanto estática como dinámica del lazo de control.

Un transductor ideal sería aquel en que la relación entre la magnitud de salida y la variable de entrada fuese puramente proporcional y de respuesta instantánea e idéntica para todos los elementos de un mismo tipo. Sin embargo, la respuesta real de los transductores nunca es del todo lineal, tiene un campo limitado de validez, suele estar afectada por perturbaciones del entorno exterior y tiene un criterio retardo a la respuesta. Todo ello hace que la relación salida/entrada deba expresarse por una curva, o mejor por una familia de curvas, para transductores de un mismo tipo y modelo.

Para definir el comportamiento real de los transductores se suelen comparar estos con un modelo ideal de comportamiento o con un transductor “patrón” y se definen una serie de características que ponen de manifiesto las desviaciones respecto a dicho modelo. Dichas características pueden agruparse en dos grandes bloques:

Característica estática, que describen la actuación del sensor en régimen permanente o con cambios muy lentos de la variable a medir.

Características dinámicas, que describen la actuación del sensor en régimen transitorio, a base de dar su respuesta temporal ante determinados estímulos estándar o a base de identificar el comportamiento del transductor con sistema estándar, e indicar las constantes de tiempo relevantes.

A continuación, se dan las definiciones de las características estáticas y dinámicas más relevantes que suelen aparecer en la mayoría de especificaciones técnicas de los transductores, debe tenerse en cuenta que todas las características suelen variar con las condiciones ambientales. por ello, uno de los parámetros esenciales a comprobar al elegir un transductor es el campo de validez de los parámetros que se indican como nominales del mismo y las máximas desviaciones provocadas por dichas condiciones ambientales, (Areny, 2007).

4.3.3.1 Características estáticas

- **campo de medida**, es el rango de valores de la magnitud de entrada comprendido entre el máximo y el mínimo detectables por un sensor, con una tolerancia de error aceptable.
- **Resolución**, indica la capacidad del sensor para discernir entre valores muy próximos de la variable de entrada. Se mide por la mínima diferencia entre dos valores próximos que el sensor es capaz de distinguir. Se puede indicar en términos de valor absoluto de la variable física medida en porcentaje respecto al fondo de escala de salida.
- **Precisión**, la precisión define la máxima desviación entre la salida real obtenida de un sensor en determinadas condiciones de entorno y el valor teórico de dicha salida que correspondería, en idénticas condiciones, según el modelo ideal especificado como patrón. Se suele indicar en valor absoluto de la variable de entrada o en porcentaje sobre el fondo de escala de salida.
- **Repetibilidad**, Característica que indica la máxima desviación entre valores de salida obtenidos al medir varias veces un mismo valor de entrada, con el mismo sensor y en idénticas condiciones ambientales, se suelen expresar en porcentaje referido al fondo de escala y da una indicación del error aleatorio del sensor. Algunas veces se suministran datos de repetibilidad variando ciertas condiciones ambientales, lo cual permite obtener las derivas ante dichos cambios.
- **Linealidad**, se dice que un transductor es lineal, si existe una constante de proporcionalidad única que relaciona los incrementos de señal de salida con los correspondientes incrementos de señal de entrada, en todo el campo de medida. La no linealidad se mide por la máxima desviación entre la respuesta real y la característica puramente lineal, referida al fondo de escala.
- **Sensibilidad**, características que indica la mayor o menor variación de la salida por unidad de la magnitud de entrada. Un sensor es tanto más sensible cuanto mayor sea la

variación de la salida producida por una determinada variación de entradas. La sensibilidad se mide, pues, por la relación:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\Delta \text{magnitud de salida}}{\Delta \text{magnitud de entrada}}$$

Obsérvese que para transductores lineales esta relación es constante en todo el campo de medidas, mientras que en un transductor de respuesta no lineal depende del punto en que se mida.

- **Ruido**, se entiende por ruido cualquier perturbación aleatoria del propio transductor o del sistema de medida, que produce una desviación de la salida con respecto al valor teórico.
- **Histéresis**, se dice que un transductor presenta histéresis cuando, a igualdad de la magnitud de entrada, la salida depende de si dicha entrada se alcanzó con aumentos en sentido creciente o en sentido decreciente. Se suele medir en términos de valor absoluto de la variable física o en porcentaje sobre el fondo de escala. Obsérvese que la histéresis puede no ser constante en todo el campo de medida.
- En el caso de sensores todo- nada se denomina histéresis a la diferencia entre el valor de entrada que provoca el basculamiento de $0 \rightarrow 1$ y aquel que provoca el basculamiento inverso de $1 \rightarrow 0$.

4.3.3.2 Características dinámicas. La mayor parte de transductores tiene un comportamiento dinámico que se puede similar a un sistema de primer o segundo orden, es decir, con una o, como máximo, dos constantes de tiempo dominantes. Los principales parámetros que caracterizan el comportamiento dinámico de un transductor serán, pues, los que se definen para estos tipos de sistemas. Solo cabe destacar que los transductores que responden a modelos de segundo orden suelen ser sistemas sobre amortiguados, es decir, sistemas en los que no hay rebasamiento en la respuesta al escalón. A continuación, damos un resumen de las características dinámicas más importantes:

- **Velocidad de respuesta**, la velocidad de respuesta mide la capacidad de un transductor para que la señal de salida siga sin retraso las variaciones de la señal de entrada. La forma de cuantificar este parámetro es a base de una o más constantes de tiempo, que suelen obtenerse de la respuesta al escalón. Los parámetros más relevantes empleados en la definición de la velocidad de respuesta son los siguientes:
- **Tiempo de retardo**, Es el tiempo transcurrido desde la aplicación del escalón de entrada hasta que la salida alcanza el 10% de su valor permanente.
- **Tiempo de subida**, Es el tiempo transcurrido desde que la salida alcanza el 10% de su valor permanente hasta que llega por primera vez al 90% de dicho valor.
- **Tiempo de establecimiento al 99%**, Es el tiempo transcurrido desde la aplicación de un escalón de entrada hasta que la respuesta alcanza el régimen permanente, con una tolerancia de $\pm 1\%$.
- **Contante de tiempo**, Para un transductor con respuesta de primer orden (una sola constante de tiempo dominante) se puede determinar la constante de tiempo a base de medir el tiempo empleado para que la salida alcance el 63% de su valor de régimen permanente, cuando a la entrada se le aplica un cambio de escalón.

- **Respuesta frecuencial**, relación entre la sensibilidad y la frecuencia cuando la entrada es una excitación senoidal. Suele indicar gráficamente mediante un gráfico de bode, la respuesta frecuencial está muy directamente relacionada con la velocidad de respuesta.
- **Estabilidad y derivas**, características que indican la desviación de salida del sensor al variar ciertos parámetros exteriores distintos del que pretende medir, tales como condiciones ambientales, alimentación, u otras perturbaciones, (Areny, 2007).

4.4 Software Labview de National Instruments

Es un Entorno de desarrollo integrado especializado en informática industrial y científica. Su particularidad es que se basa en el lenguaje G (G por Gráfico), creada por Nacional Instrumentos que es enteramente gráfica. Permite el desarrollo de programas informáticos complejos facilitando al mismo tiempo la programación y en consecuencia disminuir los plazos de desarrollo. Gracias a sus librerías de funciones dedicadas a la adquisición de datos, la instrumentación, al análisis matemático de las mediciones y la visualización, Labview se dedica especialmente a los bancos de pruebas y mediciones, (National Instruments, 2017).

4.4.1 Por qué Labview? Labview es especialmente conveniente a la informática industrial y científica. Podrá pues utilizarlo para el desarrollo de:

- Software para Windows, UNIX/Linux o Mac, Windows Mobile o Palm OS,
- Librerías (DLL, Activo X, .NET),
- Controles de instrumentos,
- componentes embarcados,
- componentes tiempo real,
- tarjetas FPGA.

4.4.2 Labview y el hardware. Labview permite programar sobre mucho orienta diferentes. Lo mismo sucede para el material y sobre todo la instrumentación. En efecto, con labview y gracias a sus numerosas librerías, podrá intercomunicarse y encargar las siguientes tarjetas y aparatos:

- VXI, PXI, Compacto PCI,
- PCI,
- USB, Fire Wire,
- Serie.

Comunicando con los siguientes protocolos:

- VXI, PXI, Compact PCI,
- PCI express, PXI express,
- PCI,
- USB, Fire Wire,
- RS 232, 422,485...
- TCP/IP,
- Bluetooth, WIFI.

4.4.3 El lenguaje Grafico. Con labview no se programa el software a escribir líneas de códigos con una sintaxis compleja. La programación se hace con iconos los cuales representan funcionalidades, ligados entre ellos por cables quienes representan los flujos de datos (un poco a la manera de una tarjeta electrónica con sus componentes y circuitos integrados).

Esta representación muy adornada del código es cerca de la concepción como uno hace: con esquemas; eso, por supuesto, facilita mucho el trabajo que necesita la programación del concepto. Esta abstracción del lenguaje gráfico no requiere de ser un experto en programación para desarrollar software sencillo. De igual forma, para software más complejos, el cliente "profano" en programación, pero experto en su dominio, podrá leer y entender la idea y así guiar el ingeniero experto en programación, (National Instruments, 2017).

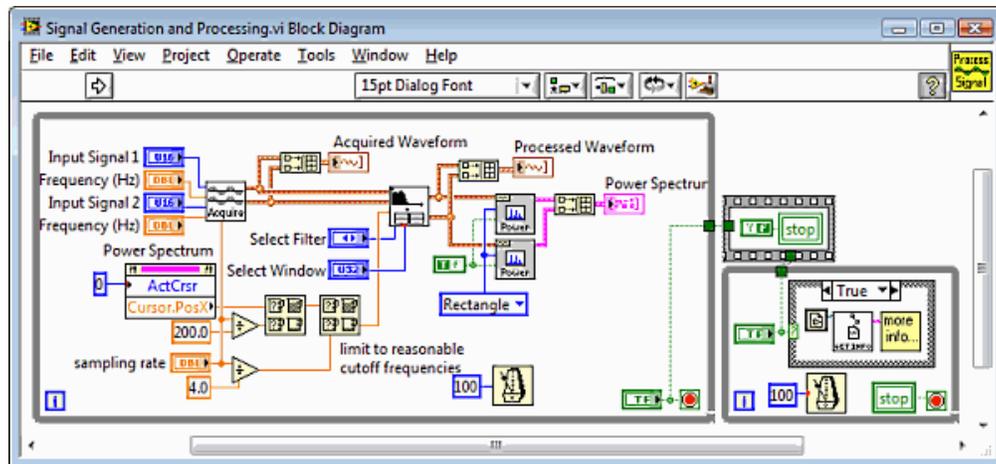


Figura 11. Diagrama de bloques labview.

Fuente: extraída de: <http://www.ajolly.com.mx/es/desarrollo-consulta-sistema-supervisor-control-prueba-medida/19-LabVIEW-que-es.htm>

4.5 Arquitectura interna del autómeta

Un autómeta programable industrial (API) es un equipo electrónico de control con un cableado interno (hardware), independiente del proceso a controlar, que se adapta a dicho proceso mediante un programa específico (software) que contiene la secuencia de operaciones a realizar. Esta secuencia de operaciones se define sobre señales de entrada y salida al proceso, cableadas directamente en los bornes de conexión autómeta.

Las señales de entrada pueden proceder de elementos digitales, como finales de carrera y detectores de proximidad, o analógicos, como sensores de temperatura y dispositivos de salida en tensión o corriente continua.

Las señales de salida son órdenes digitales, todo o nada o señales analógicas en tensión o corriente, que se envían a los elementos indicadores y actuadores del proceso, como lámparas, contadores, válvulas, etc.

El autómeta gobierna las señales de salida según el programa de control previamente almacenado en una memoria, a partir del estado de las señales de entrada.

Este programa se introduce en el autómatas a través de la unidad de programación, que permite además funciones adicionales como depuración de programas, simulación, monitorización, control del autómatas, etc.

Una característica diferenciadora del API frente a otros sistemas de control programables está en la estandarización de su hardware, que permite la configuración de sistemas de control “a medida”, según las necesidades estimadas de potencia de cálculo y número y tipo de señales de entrada y salida.

El autómatas se configura alrededor de una unidad central o de control, que, unidad por medio de buses internos a las interfaces de entrada y salidas a las memorias, define lo que se conoce como arquitectura interna del autómatas.

Según las soluciones constructivas adoptadas, esta arquitectura puede tomar distintas configuraciones, en este se define los bloques constitutivos del autómatas, y sus características más relevantes, (Josep Balcells, 2001).



Figura 12. Autómatas siemens.

Fuente: extraído de:

[https://www.google.com.co/search?q=automatas&rlz=1C1CHZL_esCO730CO731&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiN6d_SsInUAhWB6iYKHb5DDG0Q_AUIBigB&biw=1536&bih=759#tbm=isch&q=automatas+control&imgc=zK1-sVg-yBUjNM:](https://www.google.com.co/search?q=automatas&rlz=1C1CHZL_esCO730CO731&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiN6d_SsInUAhWB6iYKHb5DDG0Q_AUIBigB&biw=1536&bih=759#tbm=isch&q=automatas+control&imgc=zK1-sVg-yBUjNM;)

4.5.1 Bloques esenciales de un autómata, un autómata programable se compone esencialmente de los siguientes bloques.

- Unidad central de proceso o de control, CPU.
- Memorias internas.
- Memorias de programa.
- Interfaces de entrada y salida.
- Fuente de alimentación.

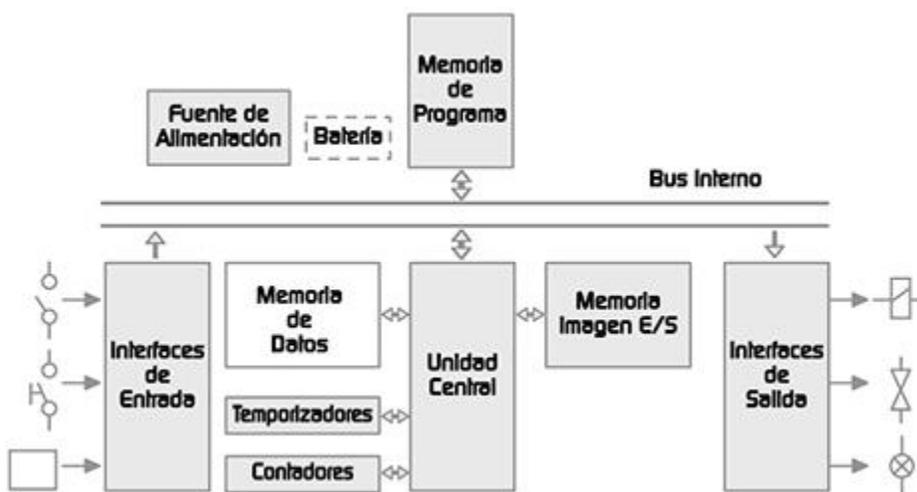


Figura 13. Diagrama de bloques de un autómata programable.

Fuente: https://www.dirind.com/dae/monografia.php?cla_id=25

La unidad de control, consulta el estado de las entradas y recoge de la memoria de programa la secuencia de instrucciones a ejecutar, elaborando a partir de ella las señales de salida u órdenes que se enviarán al proceso. Durante la ejecución del programa, las instrucciones son procesadas en serie, una tras otra.

La unidad de control es también la responsable de actualizar continuamente los temporizadores y contadores internos que hayan sido programados. La memoria del autómata contiene todos los datos e instrucciones que necesita para ejecutar la tarea de control.

La memoria interna es la encargada de almacenar datos intermedios de calcula y variables internas que no aparecen directamente sobre las salidas, así como un reflejo o imagen de los últimos estados leídos sobre las señales de entrada o enviados a las señales de salida.

La memoria de programa contiene la secuencia de operaciones que deben realizarse sobre las señales de entrada para obtener las señales de salida, así como los parámetros de configuración del autómata. Por ello, si hay que inducir alguna variación sobre el sistema de control basta generalmente con modificar el contenido de esta memoria.

Las interfaces de entrada y salida establecen la comunicación del autómata con la planta. Para ello, se conectan, por una parte, con las señales de proceso a través de los bornes previstos y, por otra, con el bus interno del autómata. La interfaz se encarga de adaptar las señales que se manejan en el proceso a las utilizadas internamente por la máquina.

La fuente de alimentación proporciona, a partir de una tensión exterior, las tensiones necesarias para el buen funcionamiento de los distintos circuitos electrónicos del sistema. En ocasiones, el autómata puede disponer de una batería conectada a esta fuente de alimentación, lo que asegura el mantenimiento del programa y de algunos datos en las memorias en caso de interrupción de la tensión exterior.

Se conoce como bus interno al conjunto de líneas y conexiones que permiten la unión eléctrica entre la unidad de control, las memorias y las interfaces de entrada y salida. Un bus se compone de un conjunto de hilos o pistas utilizadas para intercambiar datos u órdenes (por ejemplo, el contenido de las celdas de memoria o las instrucciones de la unidad de control).

Para minimizar el número de conexiones y dado que la unidad de control, que organiza el tráfico por estos hilos, solo puede comunicarse con sus periféricos de una forma secuencial, uno tras otro, el conjunto de hilos del bus es común y compartido por todos ellos.

Esta estructura exige que en todo momento solo pueda haber un periférico ocupado el bus, ya que de lo contrario se mezclarían los datos enviados por varios de ellos o se recibirían en un periférico datos que no le corresponden.

Los tres buses característicos de un sistema digital (figura), bus de datos por el que tiene lugar las transferencias de datos del sistema, bus de direcciones, a través del cual se direccionan la memoria y el resto de los periféricos, y bus de control, constituido por todas las conexiones destinadas a gobernar los intercambios de información, se reunifican en el autómata en uno solo, que recibe el nombre de bus interno. El número de líneas de este bus depende de cada fabricante.

Se considera también como bus del autómata cualquier conexión entre bloques o módulos que no necesite de procesadores específicos de comunicaciones en sus extremos, como, por ejemplo, el cable de conexión entre el autómata y una unidad externa de expansión de E/S, (Josep Balcells, 2001).

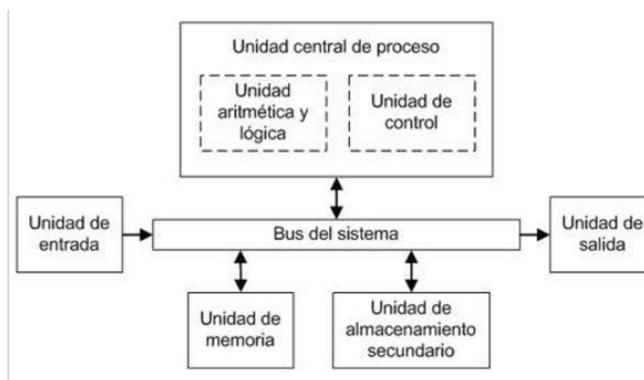


Figura 14. Estructura de conexión mediante buses.

Fuente: extraído de :

https://www.google.com.co/search?q=estructura+mediante+buses&rlz=1C1CHZL_esCO730CO731&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiin_iqnvjTAhUIMyYKHf5iBDsQ_AUICigB&biw=1536&bih=759#imgdii=YYMKTWjK2Mi6zM:&imgrc=iigUkeBoSg110M:

4.5.2 Unidad central de proceso (CPU). Construida alrededor de un sistema microprocesador, es la encargada de ejecutar el programa de usuario y de ordenar las transferencias de información en el sistema de entradas/salidas.

Adicionalmente, puede también establecer comunicación con periféricos externos, como son la unidad de programación, monitores LED/LCD o TRC, otros autómatas u ordenadores, etc.

Para ejecutar el programa, la CPU adquiere sucesivamente las instrucciones una a una desde memoria, y realiza las operaciones especificadas en las mismas.

El funcionamiento es, salvo escasas excepciones, de tipo interpretado, con decodificación de las instrucciones cada vez que son ejecutadas. Esta decodificación puede realizarse mediante un sistema de lógica estándar con microprocesador más memoria, o puede estar microprogramada por hardware (cableada) en el propio procesador, según diseño propio del fabricante utilizando tecnologías “custom” o personalizadas.

La primera solución, más barata, es la más frecuente en autómatas de gama baja, mientras que la segunda, con mayores costes de diseño y desarrollo, es propia de autómatas de gama media y altas, en donde el incremento de precio queda compensado con los bajos tiempos de ejecución de instrucciones, mucho menores que en la solución estándar (decimas de microsegundo frente a decenas de microsegundos). En cualquier caso, esta decodificación interna de instrucciones es transparente al usuario, que no puede modificarla en ninguna forma.

Al ser además específica de cada fabricante, que elige el lenguaje de programación que soportara su autómata (instrucciones, contactos o símbolos gráficos) y la forma en que se interpretan sus instrucciones, la decodificación no solo limita los lenguajes disponibles de programación, sino que es la responsable de que no todas las CPU puedan ejecutar los mismos programas, aunque hayan sido escritos en el mismo lenguaje, impidiendo, en definitiva, el intercambio de programas entre autómatas diferentes.

En algunos casos, la decodificación se realiza con la ayuda de una memoria exterior (interprete), de la que pueden existir distintas versiones dentro de una misma familia de autómatas, ofreciendo una amplia gama de posibilidades como:

- Modificación del lenguaje de programación.
- Tratamiento de señales analógicas.
- Manipulación de textos.
- Algoritmos de control en el lazo cerrado etc.

Esta solución aumenta la flexibilidad del sistema, pero incrementa también los tiempos de ejecución (los quintuplica, aproximadamente), al tener que decodificar las instrucciones según las indicaciones de una memoria exterior conectada al bus.

La figura, muestra los bloques fundamentales de una CPU, donde se reconocen los siguientes:

- ALU” arithmetic logic unit”, encargada de realizar las operaciones aritméticas y lógicas (combinaciones Y, O, sumas, comparaciones, etc.).
- Acumulador, que almacena el resultado de la última operación realizada por la ALU.
- Flags, o indicadores de resultado de operación (mayor que, positivo, negativo, Resultado cero, etc.). El estado de estos flags puede ser consultado por el programa.
- Contador de programa. PC (“program counter”), encargado de la lectura de las instrucciones de usuario y, por tanto, de la secuencia de ejecución. Esta secuencia puede ser modificada con el juego de instrucciones de salto.

- Decodificador de instrucciones y secuenciador, cableado y/o programado, donde se decodifican las instrucciones leídas en la memoria y se generan las señales de control.
- Programa ROM monitor de sistema, donde se almacena la secuencia de puesta en marcha, las rutinas de test y de error en la ejecución, etc.
- Opcionalmente, un cartucho de memoria ROM externa, que contendría una ampliación del interprete incorporado, a fin de que la CPU pudiera decodificar y ejecutar instrucciones complejas o escritas en lenguajes de programación más potentes.

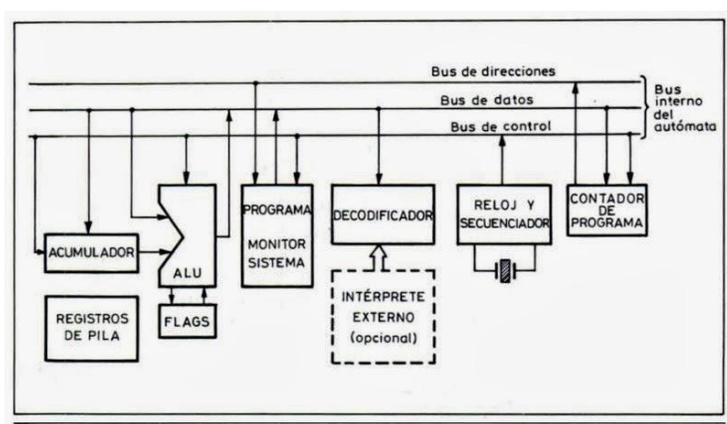


Figura 15. Diagrama de bloques de la CPU.

Fuente: extraída de: <http://programarplcomron.blogspot.com.co/2013/11/partes-de-un-plc.html>

Algunos autómatas incluyen junto al acumulador los registros de pila, que permiten almacenar resultados parciales del programa (obtenidos mediante instrucciones particulares de paréntesis o de bloques) antes de operar con ellos y asignar el resultado de una salida.

La combinación de la CPU con la memoria interna, imagen de entradas/salidas, y de programa de usuario, es conocida también con el nombre de unidad de proceso o tarjetas central, aunque algunos fabricantes denominan por extensión al conjunto simplemente CPU.

Dada la diversidad de funciones que debe realizar la CPU, aparece, en autómatas de gamas medias y altas, una subdivisión y reparto de tareas en la misma, a fin de optimizar su funcionamiento.

Esta subdivisión puede realizarse de dos formas:

- Arquitectura de coprocesador.
- Estructura de control distribuido mediante el empleo de modelos inteligentes.

Para la primera solución se disponen varios microprocesadores que ejecutan el programa de forma concurrente, trabajando en paralelo y mejorando significativamente las prestaciones del sistema en cuanto a rapidez y potencia de cálculo.

En el control distribuido con módulos inteligentes se conectan al bus procesadores específicos especializados en tareas como la medida y regulación de temperatura, control de posición, conexión con otros procesadores dentro de una red local, etc., lo que permite traspasar ciertas funciones, normalmente críticas en el tiempo, a estos periféricos inteligentes (denominados así porque incluyen sus propios procesadores y memorias), descargando al procesador central de unos procesos a los que no podría atender con la necesaria rapidez.

Ambas soluciones, estructuras de coprocesadores, y conexión de módulos inteligentes, pueden coexistir en algunos modelos de autómatas, proporcionando una superior potencia de cálculo, capacidad y rapidez en la ejecución.

4.5.3 Memoria del autómata. La memoria de trabajo es el almacén donde el autómata guarda todo cuanto necesita para ejecutar la tarea de control:

- Datos del proceso
 - Señales de planta, entradas y salidas
 - Variables internas, de bit y de palabra.
 - Datos alfanuméricos y constantes.

- Datos del control
 - Instrucciones de usuario (programa)
 - Configuración del autómata (modo de funcionamiento, número de entradas/salidas conectadas, etc.).

En general, toda esta información, incluyendo el programa de usuario, está contenida en memorias de semiconductor.

Una memoria de semiconductor es un dispositivo electrónico capaz de almacenar datos binarios (señales de niveles altos y bajos, “unos” y “ceros”, denominadas bit), que pueden ser leídos posición a posición (bit a bit), o por bloques de ocho (byte) o dieciséis posiciones (Word).

La memoria ideal para el autómata debería ser simultáneamente rápida, pequeña, barata y de bajo consumo de energía. Como ninguna de las memorias del mercado reúne todas estas condiciones, los autómatas combinan distintos tipos de ellas.

Una clasificación de memorias, entendiendo a sus características de lectura y su escritura, podría ser la que aparece a continuación:

- Memorias de lectura/escritura, RAM
- Memorias de solo lectura, no reprogramables, ROM.
- Memorias de solo lectura, reprogramables, con borrado por ultravioletas, EPROM.
- Memorias de solamente lectura, alterables por medios eléctricos, EEPROM.

Las memorias de lectura/escritura, RAM, pueden ser leídas y modificadas cuantas veces sea necesario a través de los buses internos, y de forma rápida, sus inconvenientes son su relativamente baja densidad de integración (poca capacidad de almacenamiento) y, sobre todo, su

carácter volátil, que provoca la pérdida de información cada vez que cae la tensión de alimentación.

Las memorias RAM se utilizan principalmente como memorias de datos internos, y únicamente como memorias de programa en el caso de que pueda asegurarse el mantenimiento de los datos con una batería exterior.

Las memorias de solo lectura no reprogramables, ROM, no pueden ser modificadas en ninguna forma. Dentro del autómata, las memorias ROM se utilizan para almacenar el programa monitor, que contiene las siguientes rutinas, incluidas por el fabricante:

- Inicialización tras puesta en tensión o reset.
- Rutinas de test y de respuesta a error de funcionamiento.
- Intercambio de información con unidades exteriores.
- Lectura y escritura en las interfaces de E/S.

Además, este monitor puede contener el intérprete del programa de usuario, si existe.

El contenido de esta memoria no es accesible desde el exterior. Las memorias reprogramables, EPROM, son memorias de solo lectura que pueden programarse con un circuito especial, después de borrar su contenido. Las células de memoria son borradas con luz ultravioleta que penetra en el chip a través de una ventana de cuarzo en su cara superior. Este proceso obliga a su extracción del autómata y, por tanto, a la interrupción del funcionamiento. Normalmente, estas memorias se utilizan para almacenar el programa del usuario, una vez que ha sido conveniente depurado.

Las EEPROM o memorias reprogramables son memorias de solo lectura alterables por medios eléctricos, es decir, reprogramables sobre el propio circuito, sin necesidad de extracción y borrado exterior. Los procesos específicos de almacenamiento y borrado de las memorias

EEPROM hacen que los tiempos de acceso para lectura, y especialmente para escritura, sean largos en comparación con los correspondientes a las memorias RAM/EPROM. Sin embargo, desde el punto de vista del usuario, estos inconvenientes no lo son tanto, y para él, en definitiva, las memorias EEPROM combinan la no volatilidad de las memorias ROM con la reprogramabilidad de las memorias RAM, que les permite ser modificadas directamente sobre el circuito mediante señales eléctricas.

Hay que advertir, sin embargo, que el número de operaciones de borrado/escritura está limitado a algunos cientos de miles, por lo que estas memorias, utilizadas como área interna de trabajo, se destruirían con rapidez bajo la acción del procesador.

Así, las memorias EEPROM, se emplean principalmente para almacenar programas, aunque en la actualidad es cada vez más frecuente el uso de combinaciones RAM más batería, que, pese a ser profusamente utilizadas, no dejan de presentar problemas de mantenimiento.

La siguiente figura muestra una clasificación de las memorias empleadas en el autómata, con la aplicación que se da a cada una de ellas.

Atendiendo a su conexionado, las memorias de trabajo suelen ser compactas, incluidas en el propio autómata y conteniendo todos los datos e instrucciones de control, o, lo que es más frecuente, modulares y ampliables, mediante cartuchos o tarjetas externas que contienen o amplían el programa y los datos alfanuméricos.

MEMORIA	VOLÁTIL		NO VOLÁTIL		
	LECTURA / ESCRITURA	SÓLO LECTURA	LECTURA / ESCRITURA	SÓLO LECTURA	LECTURA / ESCRITURA
					
APLICACIONES	Datos internos Memoria imagen ES	Monitor Intérprete	Programa usuario	Programa usuario (RAM+bat.) Datos internos mantenidos Parámetros	Programa usuario Parámetros

Figura 16. Tipos de memoria y aplicaciones en un autómata programable.

Fuente: extraído de:

https://books.google.com.co/books?id=xfSjADge70C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Memoria interna, es aquella que almacena el estado de las variables, que maneja el autómata: entradas, salidas, contadores, relés internos, señales de estado, etc.

La memoria interna, de longitud invariable para cada modelo de autómata, fija sus características funcionales en cuanto a capacidad de direccionamiento E/S, y número y tipo de variables internas manipuladas.

Por esta razón, la clasificación de la memoria interna no se realiza atendiendo a sus características de lectura y escritura, sino por el tipo de variables que almacena y el número de bits que ocupa la variable. Así, la memoria interna del autómata queda clasificada en las siguientes áreas:

Posiciones de 1 bit (bits internos).

- Memoria imagen de entradas/salidas.
- Relés internos.
- Relés especiales/auxiliares.

Posiciones de 8,16 o más bits (registros internos).

- Temporizadores.
- Contadores.
- Otros registros de uso general.

Las variables contenidas en la memoria interna pueden ser consultadas y modificadas continuamente por el programa, cualquier número de veces.

Esta actualización continua de los datos obliga a construir la memoria con dispositivos RAM.

El área de memoria imagen almacenas las últimas señales leídas en la entrada y enviadas a la salida, actualizándose tras cada ejecución completa del programa.

Después de ejecutar el programa, la CPU ordena el intercambio de señales entre las interfaces E/S y la memoria imagen, de manera que, mientras dura la ejecución, los estados de las señales de entrada considerados para el cálculo no son los actuales de planta, sino los presentes en la memoria imagen leídos en el ciclo anterior.

De la misma manera, los resultados obtenidos en el cálculo no van directamente a la interfaz de salidas sino a la memoria imagen, realizándose la transferencia global de todas las señales (lectura de entradas y escrituras de salidas) cuando finaliza cada ejecución del programa.

En definitiva, el tratamiento de las señales de entrada y salida a través de las memorias de imagen discurre así:

Antes de comenzar la ejecución, la CPU consulta los estados de las señales en la interfaz de entradas y carga con ella la memoria imagen de entrada.

Durante la ejecución, la CPU, y bajo control del programa de usuario, realiza los cálculos a partir de los datos en la memoria imagen y del estado de los temporizadores, contadores y relés internos. El resultado de estos cálculos queda depositado en la memoria imagen de salida. - Finalizada la ejecución, la CPU transfiere a las interfaces de salida los estados de las señales contenidos en la memoria imagen de salida, quedando el sistema preparado para comenzar un nuevo ciclo, (Josep Balcells, 2001).

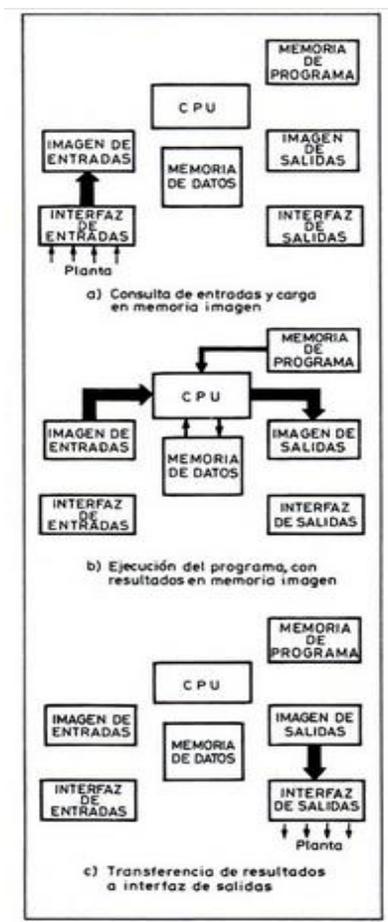


Figura 17. Acceso a las memorias imagen de entradas y salidas.

Fuente: extraído de:

https://books.google.com.co/books?id=xfSjADge70C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

La secuencia real en el autómata no es exactamente la indicada, ya que para optimizar los tiempos de acceso a las interfaces, los procesos de lectura de entrada y escritura de salida se efectuarían consecutivamente, según muestra en la figura 17.

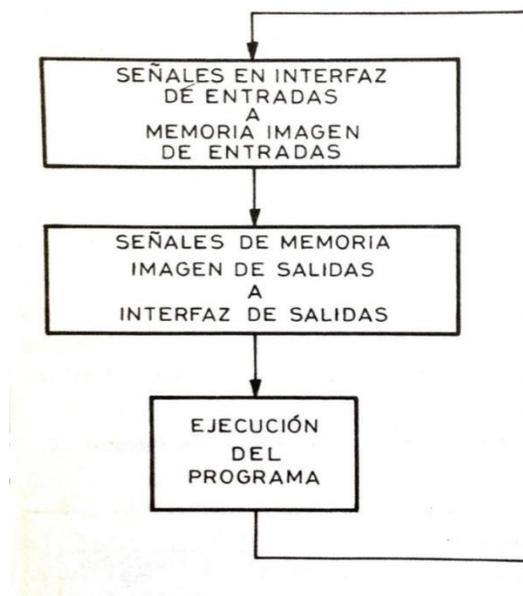


Figura 18. Secuencia de ejecución del programa de usuario.

Fuente: extraído de:

https://books.google.com.co/books?id=xfSjADge70C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Las posiciones de la memoria imagen son denominadas puntos E/S (“I/O points”), y su número es variable dependiendo del modelo de autómeta y de la configuración del sistema. Precisamente, una clasificación frecuente de autómetas hace referencia al número de puntos E/S que la CPU Puede manejar. Así, se habla de autómetas de gama.

- Baja, con $E/S < 256$.
- Mediana, con $256 \leq E/S \leq 1024$, o
- Alta, con $E/S \geq 1024$.

El resto de la memoria interna, excluyendo estas memorias imagen, se utiliza, en general, como memoria de datos, relés internos y registros internos. Entre estos últimos se encuentran algunos de tipo singular como los temporizadores y contadores.

Los relés internos ocupan posiciones RAM de 1 bit, y son utilizados como área de datos temporales, como salida de resultados de operaciones intermedias, y para controlar otros bits o

registros, temporizadores y contadores. Estos relés internos no están asociados a ningún borne, por lo que no pueden controlar cargas externas si no son antes transferidos a un punto E/S.

Algunas posiciones correspondientes a relés internos están mantenidas por batería y protegidas contra pérdidas de tensión. Las direcciones correspondientes a estos relés protegidos (“holding relays”) están claramente especificados en los catálogos del fabricante.

Los relés auxiliares/especiales se colocan también sobre posiciones de 1 bit, y guardan señales del sistema, como relojes (en diferentes bases de tiempo), bits de control, flags de estados de la CPU, e información sobre el autómatas (run, stop, halt, errores, etc.).

Estos relés pueden consultarse y utilizarse desde el programa de usuario, para sincronizar el funcionamiento, responder de forma automática a las variaciones de estado en el autómatas, etc.

El área de temporizadores y contadores ocupa posiciones de 16 o más bits, capaces de almacenar los valores de preselección y estando actualizados de estos elementos valores que normalmente se presentan al usuario bajo codificación BCD entre 0000 y 9999.

El área de registros internos se utiliza para almacenar y manipular palabras de datos y valores numéricos, y es únicamente accesible en unidades de byte o de palabra, por medio de instrucciones aritméticas y manipulación de datos.

Esta área contiene también los valores de los registros de desplazamiento, que pueden ser leídos, como palabras, o posición a posición (bit a bit).

La mayoría de autómatas permite mantener la información de registros, incluyendo temporizadores y contadores, protegida contra pérdida de tensión, de forma análoga a la comentada para relés internos. Esta protección se realiza bien de forma automática, bien programando la opción sobre algunos relés especiales. (Josep Balcells, 2001)

4.5.4 Memoria de programa, normalmente externa y enchufarle a la CPU, almacena el programa escrito por el usuario para su aplicación. Adicionalmente puede contener datos alfanuméricos y textos variables, y también información parametrizada sobre el sistema, por ejemplo, el nombre o identificador del programa escrito, indicaciones sobre la configuración de E/S o sobre la red de autómatas, si existe, etc.

Cada instrucción del usuario ocupa un paso o una dirección del programa y necesita, normalmente, para ser almacenada, dos posiciones de memoria de semiconductor (dos bytes). La capacidad total del programa de usuario depende del tipo de CPU utilizada y puede oscilar entre los 1K pasos de un autómata compacto hasta algún centenar de K instrucciones en un autómata de gama alta.

Las memorias de usuario son siempre de tipo permanente RAM más batería o EPROM/EEPROM. Por lo general, todos los fabricantes de autómatas ofrecen la posibilidad de utilizar memorias RAM con baterías para la fase de desarrollo y depuración de los programas, y de pasar estos a memorias no volátiles EPROM o EEPROM una vez finalizada esta fase.

Estas memorias no volátiles se suministran como cartuchos enchufables al autómata (“memory packs”) en el zócalo previsto sobre la CPU, o como tarjetas de memoria a conectar en el bastidor, ocupando una posición del mismo.

La ejecución del programa en el módulo es siempre prioritaria, de forma que, si se da tensión al autómata con un módulo conectado, la CPU ejecuta su programa y no el contenido en memoria RAM interna.

La transferencia del programa a los módulos de memoria (grabación) se realiza bajo control de la unidad de programación, y puede hacerse sobre el autómata o sobre la misma unidad de programación, según el modelo considerado.

El conjunto de direcciones correspondientes a todas las posiciones de memoria que pueden direccionar la CPU, es decir, de toda la memoria de trabajo, se denomina en el autómatas de mapa de memoria.

La longitud de este mapa de memoria depende de tres factores:

- La capacidad de direccionamiento de la CPU, que determina en número de direcciones asignadas a los dispositivos internos.
- El número de entradas/salidas conectadas, que determina la longitud de la memoria imagen E/S.
- La longitud de la memoria de usuario utilizada.

Dada una CPU concreta, la longitud total del mapa de memoria esta siempre limitada a un determinado valor, (Josep Balcells, 2001).



Figura 19. Estructura típica de un mapa de memoria y ejemplos.

Fuente: extraído de:

https://www.google.com.co/search?q=estructura+t%C3%ADpica+de+un+mapa+de+memoria+y+ejemplos&rlz=1C1CHZL_esCO730CO731&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjefPI7_rTAhUBTCYKHY2cBgcQ_AUI CigB&biw=1536&bih=759#tbn=isch&q=estructura+t%C3%ADpica+de+un+mapa+de+memoria+y+ejemplos+AUTOMATAA&imgcr=tSduQwLL9EMs7M:

4.5.5 Interfaces de entrada y salida. Las interfaces de entrada y salida establecen la comunicación entre la unidad central y el proceso, filtrando, adaptando y codificando de forma comprensible para dicha unidad las señales procedentes de los elementos de entrada, y decodificando y amplificando las señales generadas durante la ejecución del programa antes de enviarlas a los elementos de salida.

Dada la enorme cantidad de variantes que pueden presentarse en las señales de proceso, es evidente que deberá existir también un gran número de tipos de interfaces, tanto de entradas como de salidas.

Estas interfaces pueden clasificarse de diferentes formas, según se muestra a continuación:

- Por el tipo de señales:
 - Digitales de 1 bit
 - Digitales de varios bits
 - Analógicas

- Por la tensión de alimentación
 - De corriente continua (estáticas de 24/110 Vcc)
 - De corriente continua a colector abierto (PNP o NPN).
 - De corriente alterna (60/110/220Vca)
 - Salidas por relé (libres de tensión).

- Por el aislamiento:
 - Con separación galvánica (opto acopladores).
 - Con acoplamiento directo.

- Por la forma de comunicación con la unidad central:
 - Comunicación serie
 - Comunicación paralelo

- Por la ubicación
 - Locales
 - Remotos.

En la gama de pequeños autómatas el tipo de interfaces disponibles suelen ser más limitado, siendo las más frecuentes, clasificadas por entradas y salidas, las siguientes:

Entradas.

- Corriente continua a 24 o 48 Vcc.
- Corriente alterna a 110 o 220 VCA.
- Analógicas de 0-10 Vcc o 4-20 Ma.

Salidas.

- Por relé.
- Estáticas por triac a 220 VCA máximo.
- Colector abierto para 24 o 48 Vcc.
- Analógicas de 0-10 V o 4-20 mA.

En la gama de autómatas modulares, construidos generalmente sobre un rack que permite la ampliación con distintas tarjetas de interfaz, las posibilidades son mayores, llegando hasta la conexión directa de diversos tipos de transductores y periféricos, (Josep Balcells, 2001).

4.5.6 Programación del autómata. Hasta el momento, se ha descrito al autómata como una maquina formada por elementos de hardware capaces de comunicarse físicamente con el proceso para:

- Recoger el conjunto de variables (digitales y analógicas) que definen el estado del mismo (señales de entrada).
- Enviar otro conjunto de variables que modifiquen dicho estado en un sentido predeterminado (señales de salida).

Además, por su atributo de programable, el autómata necesita para su completa adaptación al proceso de un operador humano que defina como se quiere la evolución del mismo. Este operador intercambia entonces información con el hardware de autómata para:

- Fijar, mediante una secuencia de órdenes, la ley general de mando, de la que se obtienen las variables de salida o de control.
- Intervenir, continuamente o no, sobre el proceso para modificar la evolución o, simplemente, para leer su estado.

El primero de los puntos, establecimiento de la secuencia de órdenes, se denomina programación del autómata, y a la secuencia establecida, programa de la aplicación.

Al segundo punto, intervención del operador sobre el proceso, se le conoce comúnmente como explotación de la aplicación, y durante ella se permiten modificar algunos parámetros (tiempo, consignas, módulos de cuenta, etc.), pero no modificar el programa.

La estructura de intercambios múltiples proceso- autómata- usuario esta sintetizada en la figura 12 como se observa, las intervenciones sobre la planta se efectúan a través del autómata, aunque, en algunos casos (por ejemplo, paradas rápidas por motivos de seguridad), el usuario puede actuar directamente sobre el proceso.

De los intercambios mostrados en la figura, el primero de ellos, de informaciones físicas entre autómatas y proceso, está resuelto mediante el empleo de las interfaces E/S, mientras que el segundo, la comunicación con el operador para programación/explotación, necesita de un soporte software que haga el papel de interprete entre el sistema real y los deseos del usuario.

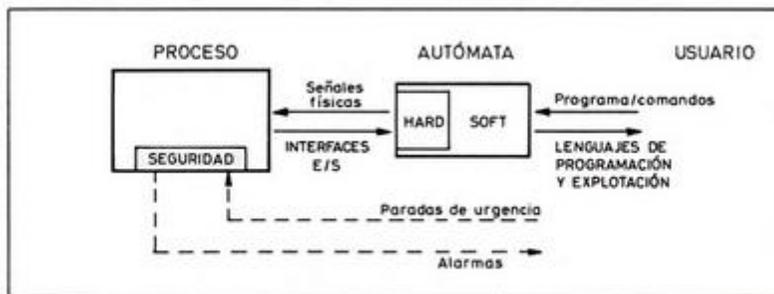


Figura 20. Intercambios de información en un sistema de autómatas.

Fuente: extraído de:

https://www.google.com.co/search?q=estructura+t%C3%ADpica+de+un+mapa+de+memoria+y+ejemplos&rlz=1C1CHZL_esCO730CO731&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjefPI7_rTAhUBTCYKHYY2cBgcQ_AUICigB&biw=1536&bih=759#tbm=isch&q=estructura+t%C3%ADpica+de+un+mapa+de+memoria+y+ejemplos+AUTOMATA&imgcr=tSduQwLL9EMs7M:

Así, puede definirse este software como el “conjunto de programas destinados a permitir o facilitar la utilización del hardware para la producción y explotación de las aplicaciones”.

Según esta definición, podemos clasificar estas herramientas de software en dos grandes grupos:

Sistemas operativos, residentes en el propio autómata, que se encargan de establecer las secuencias de intercambios de información, interpretar y ejecutar las órdenes de usuario, y vigilar por el correcto funcionamiento del equipo.

Software de edición/depuración de programas que permiten al usuario la introducción del programa sobre un soporte físico (cinta, disco, memoria de semiconductor), la modificación del mismo en la puesta a punto, la obtención de la documentación pertinente, y la creación de copias de seguridad.

Este software de edición/depuración está instalado (es residente) o es instalable sobre un terminal especial, la unidad de programación, de funcionamiento autónomo o supeditado al del autómeta.

La unidad tiene como funciones principales:

- Soportar la edición y depuración del programa.
- Proporcionar la interfaz física entre el usuario y el autómeta, para transferencias de programas y supervisión y control del proceso.

Los intercambios de información entre los elementos que aparecen en la figura necesitan, en todos los casos, de una codificación del mensaje que sea comprensible a las partes que intervienen.

Esta compactibilidad, que el autómeta lograba en el lado de planta mediante interfaces adecuadas a las señales emitidas o recibidas, se consigue en el lado de usuario mediante el empleo de los lenguajes de programación y explotación preestablecidos por el fabricante.

Se define, pues, lenguaje de programación como el conjunto de símbolos y textos inteligibles por la unidad de programación que le sirven al usuario para codificar sobre un cierto autómeta las leyes de control deseadas, mientras que lenguaje de explotación será el conjunto de órdenes y comando que el usuario pueda enviar, desde la misma unidad o desde un terminal adecuado, para recoger estados o modificar variables del proceso.

Como se observan en la definición, el lenguaje de programación se define entre el usuario y la unidad de programación: la compactibilidad entre esta y el autómeta está asegurada por el fabricante del mismo, que lo es también de la unidad, o delo software que se instala sobre ella si es una máquina de aplicación general como un PC compatible.

En definitiva, el usuario introduce su ley de mando en la unidad de programación mediante un programa (secuencias de ordenes) codificado según un lenguaje (conjunto de símbolos) inteligibles para ambos.

La unidad de programación compila convierte el programa a los códigos binarios que realmente entiende el autómeta, y los transfiere y deposita en la memoria del mismo.

Estos códigos binarios son después interpretados por el sistema operativo residente (firmware) para movilizar los recursos físicos (procesador, interfaces, E/S, etc.). Es necesario en la ejecución del programa.

Como se observa, el programa se obtiene desde un modelo del sistema, representación simbólica del mismo que permite la aplicación de herramientas matemáticas o graficas de análisis y síntesis, para reducir el trabajo de diseño y asegurar la bondad del control obtenido.

La transcripción del proceso y su especificación a un modelo, que en sistemas pequeños puede y suele obviarse (se obtiene el programa escribiendo directamente en el lenguaje de programación), es imprescindible en sistema complejos, donde las relaciones entre variables son muy difíciles de establecer únicamente con las descripciones literales del funcionamiento, (Josep Balcells, 2001).

5. Metodología

5.1 Tipo de estudio

El proyecto se basa en la implementación de un sistema de monitoreo de la iluminación de los parqueaderos de la institución universitaria pascual bravo, que cuenta con iluminación led y paneles solares basados en el análisis y conocimientos adquiridos de un proyecto de grados anterior.

5.2 Método

Este tipo de método se basa en investigación aplicada, con enfoque hacia la innovación, pues se basa en la experiencia de anteriores tecnologías implementadas, donde se utiliza la información obtenida de estos para llegar a resultados más generales y sistemas de uso actual como las nuevas tecnologías, en este caso se utilizó un sistema de celdas solares e iluminación led, que se encuentran en los parqueaderos de la institución universitaria pascual bravo, gracias a esto se pudo formar una nueva hipótesis, investigación de leyes científicas y demostraciones.

Se hará un estudio del funcionamiento de las celdas solares, observando aspectos importantes como es el rendimiento de estas, pues de esto depende la ubicación geográfica y la instalación del sistema.

Paso a seguir, será el diseño de la plataforma virtual donde se observarán los datos censados por los dispositivos del sistema fotovoltaico, como lo son las variables de; voltaje, corriente y temperatura.

Construiremos un prototipo del sistema, con la arquitectura necesaria, armada con los elementos electrónicos requeridos para dicha tarea, a partir de las consultas hechas en revistas, libros, internet y asesorías de profesionales expertos en el tema. Seguido de esto se pondrá en funcionamiento, con las pruebas necesarias y con esto alcanzar el objetivo propuesto.

5.3 Población y muestras

Como población tenemos una referencia en el parqueadero de la institución de 5 celdas con iluminación led incorporadas, de las cuales se tomará una como muestra.

5.3.1 Instrumentos de recolección de muestras

Tabla 3

Ficha técnica panel solar led Street light.

#	Características
1	Panel monocrystal 65 w/17.5v
2	CCT: 5700K Luminous flux: 4400Lm
3	LED Number 20 light distribution 2s

Fuente: diseño propio

5.3.2 Fuentes primarias

Empresas dedicadas al tema, profesores y laboratoristas de la institución y manuales técnicos.

5.3.3 Fuentes secundarias

Para el desarrollo de este proyecto se tomó con base a la información del proyecto de grados “ILUMNACIÓN DE UN ESPACIO POR MEDIO DE CELDAS SOLARES EN LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO”, realizado por los estudiantes Castillo Posada Cesar Augusto, García Cadavid John Alexander, Gomes Álvarez Felipe. Estudiantes graduados de la institución universitaria Pascual Bravo.

Inicialmente se tomó información de textos y trabajos de grados de las bibliotecas de la institución universitaria pascual bravo y de la universidad autónoma de las américas, con apoyo de revistas y documentos encontrados en Internet, donde exponen el gran potencial que tiene la

energía solar, siendo una energía renovable y de un gran impacto positivo hacia el medio ambiente, identificando y conociendo los sistemas que tienen las características de transformar la energía fotovoltaica en energía eléctrica como lo son los paneles solares.

6. Resultados del proyecto

Teniendo un sistema de paneles solares en el parqueadero de la Institución Universitaria Pascual Bravo, se optó por la realización de un trabajo de grados que fortalezca e implemente una comunicación de los paneles hasta una unidad remota, que por medio de una interfaz gráfica elaborada en LABVIEW, se puedan ver las variables eléctricas de uno de los paneles solares.

Como se menciona en los primeros apartes del trabajo, estos sistemas solares son equipos muy eficientes, pero no solo dependen de los elementos que está conformado, sino también de su instalación y ubicación con respecto al sol, de esto depende la eficiencia y carga de la batería.



Figura 21. Paneles solares parqueadero Institución Universitaria Pascual Bravo.
Fuente: diseño propio.

A continuación, describiremos paso a paso el desarrollo del proyecto, desde el ensamble de los elementos y dicha programación.

Presentamos el plano de conexión de los sensores al autómata.

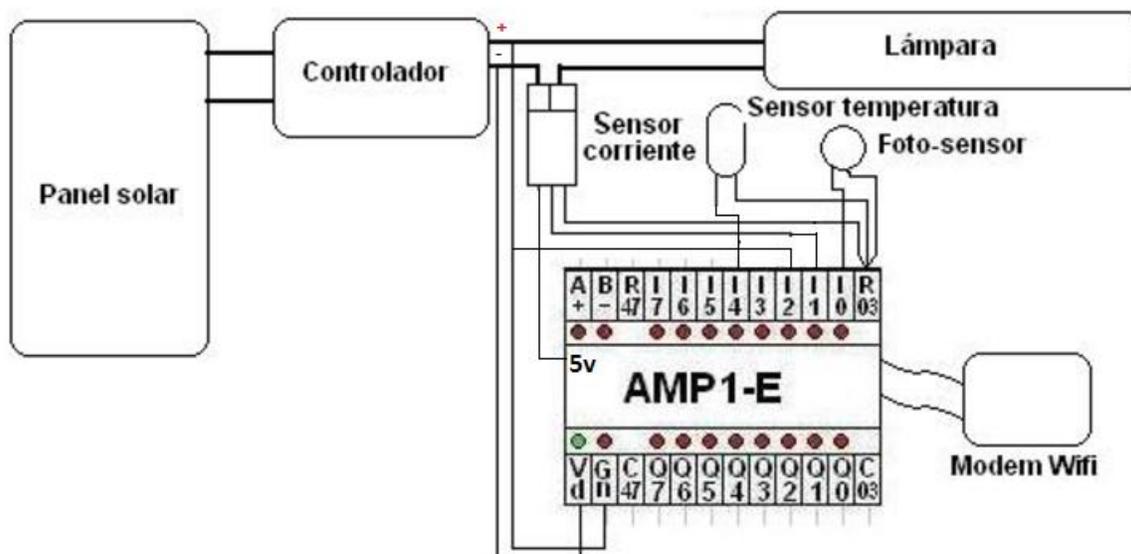


Figura 22. Plano de conexión.
Fuente: diseño propio.

El equipo para la transferencia de variables para el proyecto es el autómata AMP1-E 4F4U8Q, este tiene 4 entradas flexibles, esto quiere decir que pueden ser análogas o digitales, otras 4 entradas universales, solo digitales valores 0 y 1 optoacopladas.

Tiene 8 salidas optoaisladas del tipo NPN por lo que la carga debe ir, entre la fuente y la salida. Puede ser PWM.

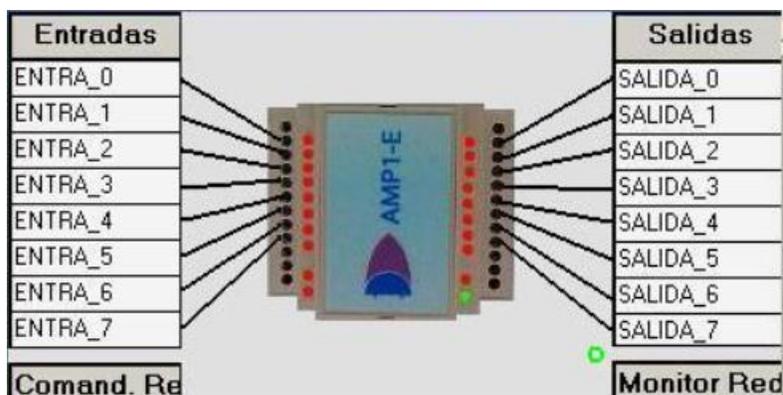


Figura 23. Autómata AMP14F4U8Q.

Fuente: extraído de: pantallazo del software Mgdmod.

El software que se utiliza para programar el automata es el Mgdmod, es un lenguaje de programación gráfico, que lo hace muy versátil y sencillo. En este caso no se realizara una programación, solo se utilizaran las entradas para la conexión de los sensores, y del software se utilizara la herramienta graficadora de variables, la cual utilizaremos para ver el comportamiento de los sensores y calibración de estos.

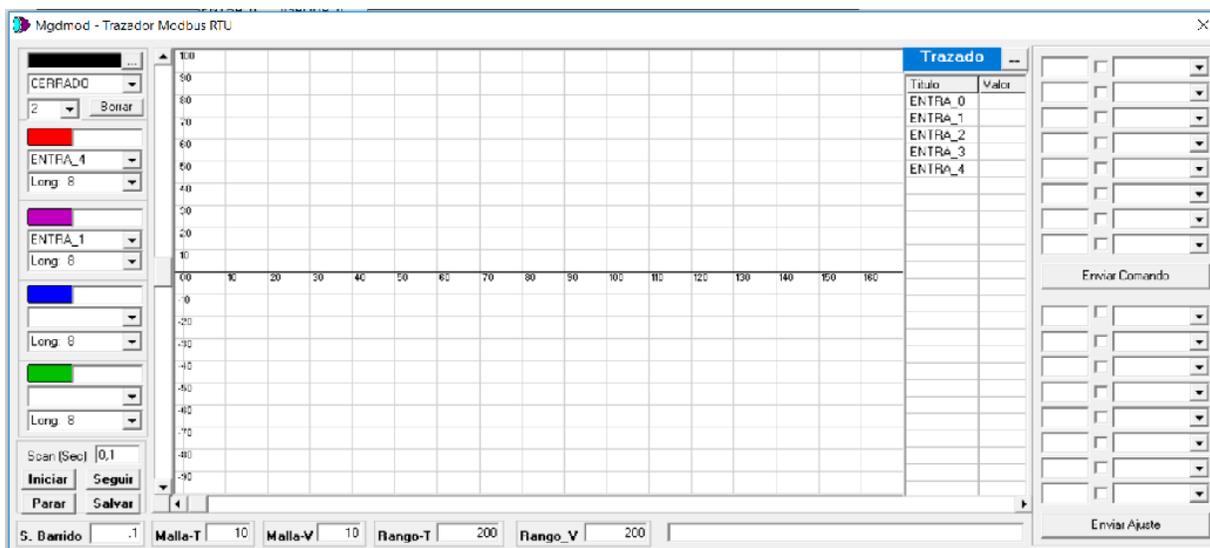


Figura 24. Graficador de variables.

Fuente: pantallazo del software.

La calibración de los sensores se empezaron a realizar tomando las variables electricas de un driver programable TCI antes de utilizar las variables del panel solar, Pues se opto por primero

hacer pruebas de falla y error. Luego de tener todo funcionando se pasa a tomar las variables electricas del panel solar.

Primero es la conexión del automata, en este caso es sencilla pues solo se van a autilizar las entradas. Se energiza con la fuente de 12v -1A y desde el positivo se tira un puente hasta el comun de los pines 4 y 7. Con esto tenemos energizadas las entradas de la 4 a la 7.

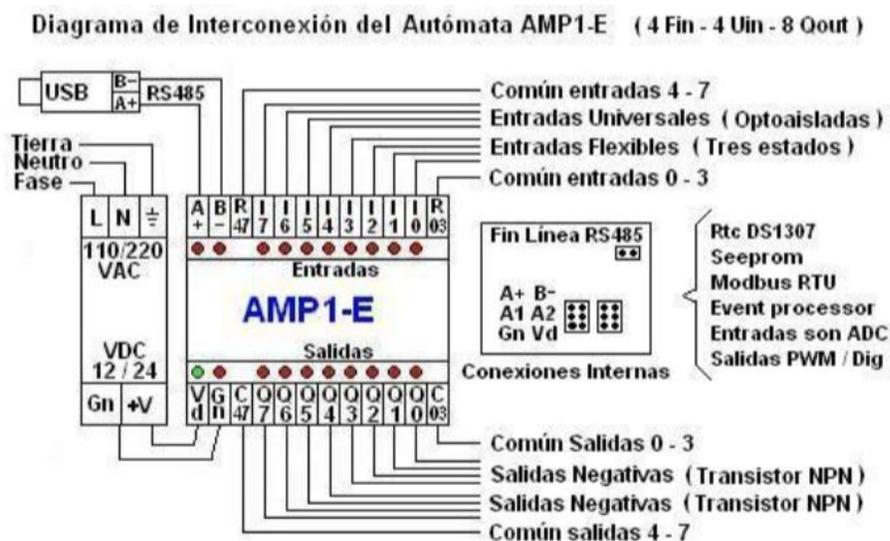


Figura 25. Diagrama de conexión interconexión del automata.

Fuente: extraída de: manual rápido del automata.

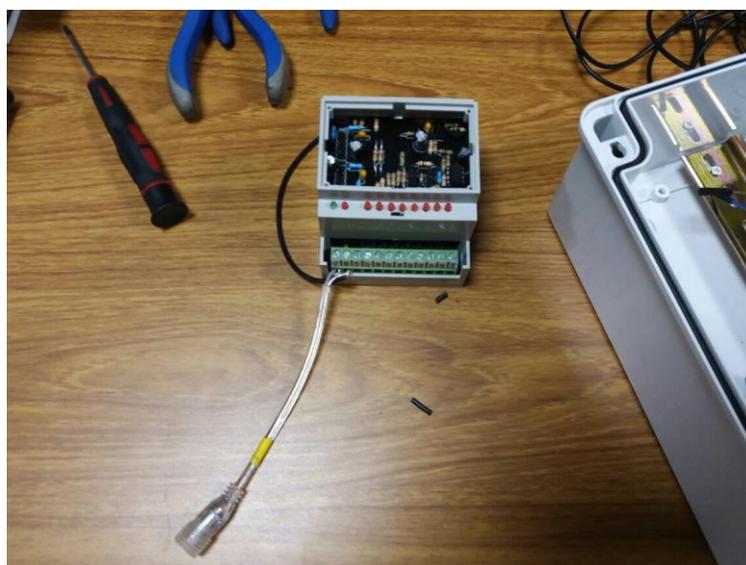


Figura 26. Conexión del automata.

Fuente: imagen propia.

El primer sensor que utilizo fue el de temperatura, es un termistor de 10k ntc encapsulado anti humedad, el rango de medicion de este sensor es de -55°C a 150°C , este se conecta a la entrada 4 y a tierra del automata.

La graficadora de variables, como vemos en la figura x, podemos apreciar la respuesta del sensor en la parte superior derecha, vemos la entrada y el valor, este muestra 950 en este casilla el valor maximo que se puede llegar es a 1023, al ser esta una entrada de una señal analoga es valor varia entre 0 a 1023, dependiendo del voltaje de entrada. Pero como necesitamos que nos muestre ese nivel a que valor en temperatura equivale.

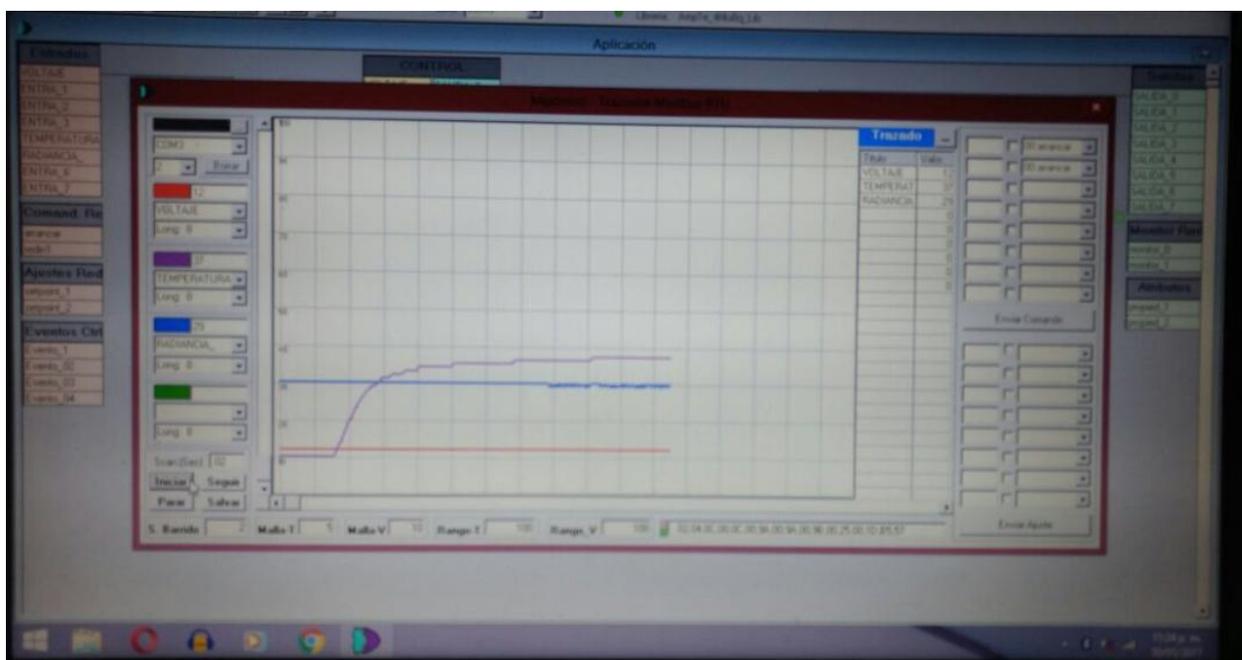


Figura 27. Curva de temperatura del termistor ntc 10k.
Fuente: pantallazo del programa Mgdmod.

Para calibrar el sensor vamos la software en el pantallazo unicial, vamos donde estan las entradas y le damos clic derecho a la entrada 4 donde esta el sensor, se despliega una ventana y seleccionamos propiedades de entrada, nos aparece una ventana donde se ingresan los valores de los puntos altos y bajos de la medicion interna del atomata y los valores que esta sensando el termistor, este caso es la temperatura ambiente.

Como observamos en la figura 28, para un punto alto de 950, representaría 30°C, de igual manera para los puntos bajos.

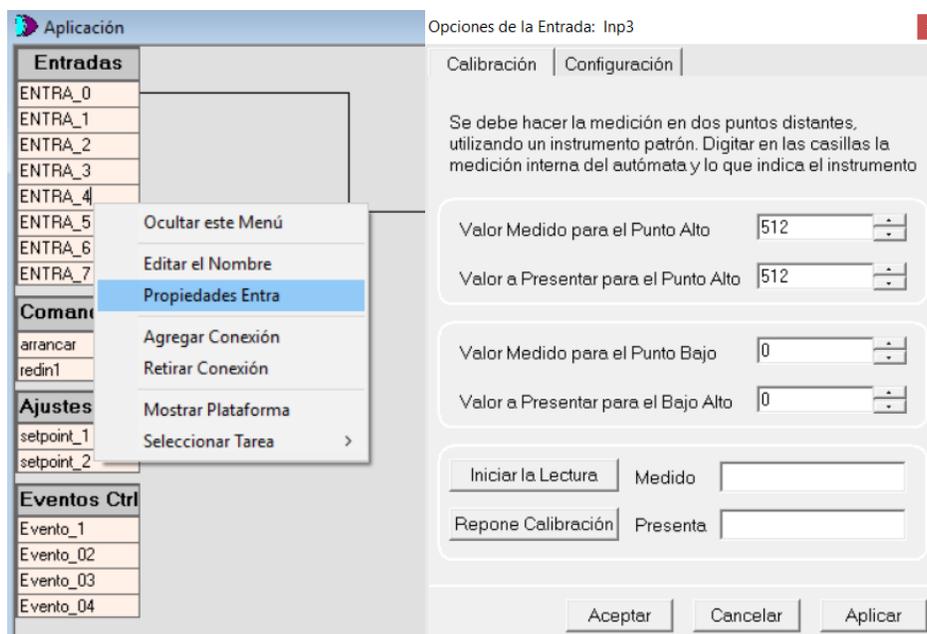


Figura 28. Calibración de sensores.

Fuente: imagen propia.

Este procedimiento aplica para la calibración de todos los sensores; voltaje, corriente y la fotoresistencia. Para el caso de la variable de voltaje no utilizaremos un sensor, el voltaje obtenido del panel solar entrará directamente a la entrada del atomata.

El driver TCI, como se mencionó anteriormente es programable, este posee un dipswitch que dependiendo de la posición, este entrega corriente constante o voltaje constante, de 300 mA a 700 mA y de 10V a 24V. Con la variación de estos valores podemos calibrar y dejar a punto los sensores, para luego ser conectados al panel solar, donde están las variables que realmente necesitamos medir.



Figura 29. Led driver TCI programable.

Fuente: extraído de:

https://www.google.com.co/search?q=led+driver+tcj+programable+dali&rlz=1C1CHZL_esCO730CO731&tbm=isch&imgil=giQ2ATVHDy2PTM%253A%253B7ITsA56X7phxiM%253Bhttps%25253A%25252F%25252Fwww.ledc-lusive.de%25252Fen%25252FLED-Driver%25252FLED-driver-tci-Jolly-Dali%25253A%25253A329.html&source=iu&pf=m&fir=giQ2ATVHDy2PTM%253A%252C7ITsA56X7phxiM%252C_&usg=__3FylKkOARgihA_KXPoKDwHiJA4E%3D&biw=1536&bih=759&ved=0ahUKEwjssf-YIJXUAhVGRCYKHdIHBwIQyjcIPw&ei=RRssWaz7GMaImQHZj50Q#imgrc=giQ2ATVHDy2PTM:

Los paneles solares que vamos a manejar viene sellado, trae la batería y la iluminación led incorporada, por lo que toco quitarle la frontal para llegar al interior, para conocer su funcionamiento y el conexionamiento futuro de los sensores.

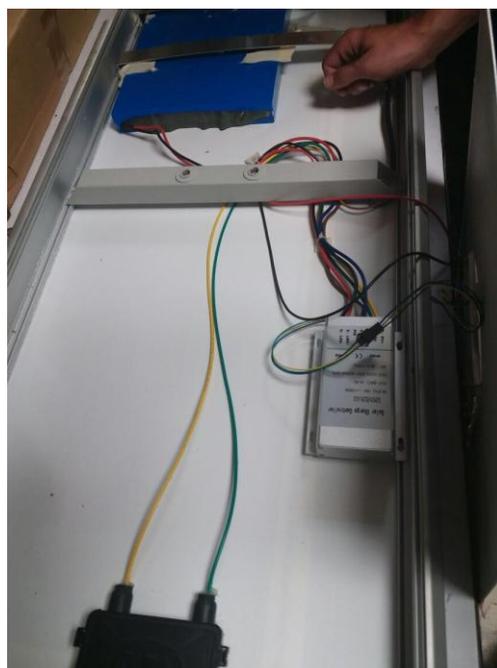


Figura 30. Panel solar desarmado.

Fuente: imagen propia.

Una vez destapado el panel procedemos a identificar las partes que lo conforman y como esta cableado para analizar donde se conectarán los sensores. Como se muestra en la siguiente figura, vemos como están interconectados los elementos.

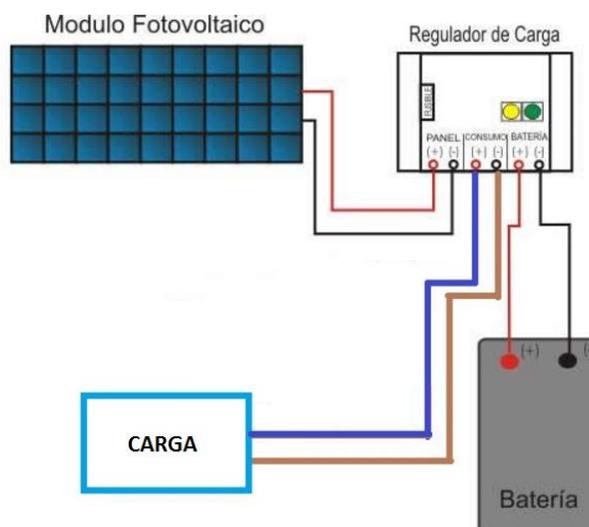


Figura 31. Diagrama de conexión interno de un panel solar.

Fuente: extraído de:

https://www.google.com.co/search?q=diagrama+de+conexion+de+un+panel+solar&rlz=1C1CHZL_esCO730CO731&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjJ7oKR4pXUAhUBApoKHTzFCM0Q_AUIBigB&biw=1536&bih=759#imgrc=3AOJQD-tciQZyM:

Empezamos midiendo con un multímetro en la conexión externa del panel voltaje en circuito abierto y corriente en corto circuito, comparándolos con las especificaciones del fabricante. En la medición de voltaje de circuito abierto tenemos como valor 17.77v y corriente en corto circuito obtenemos 0.169 mA, esta corriente es mucho menor que la descrita por el fabricante, y esto es por que se considera esa corriente con una radiación de 1000 w/m². Las mediciones hechas, fueron realizadas con los 4 reflectores incandescentes que simulan el sol y estos a potencia mínima, pues se dio la observación que no pueden pasar más de la mitad de la potencia, por que se puede quemar la tarjeta de control, por esta razón la corriente están pequeña.



Figura 32. Voltaje en circuito abierto del panel solar.
Fuente: imagen propia.



Figura 33. Corriente de corto circuito del panel solar.
Fuente: imagen propia.

Seguidamente, nos encontramos con el controlador de carga, este es el cerebro del panel solar, pues este se encarga de mantener a punto la carga de la batería, cuando está cargada completamente, internamente el controlador abre un interruptor para aislar a este de la batería, cuando todavía el panel sigue entregando energía al controlador y la batería está llena, este disipa la energía en los diodos.

Luego de conocer internamente el panel solar y su interconexión, sigue la fase de conexión inalámbrica.

Después de haber calibrado los sensores y programar el autómata con estos parámetros, el paso a seguir en la instalación del módulo wi-fi, para la comunicación inalámbrica para entrega de variables detectadas desde el autómata.

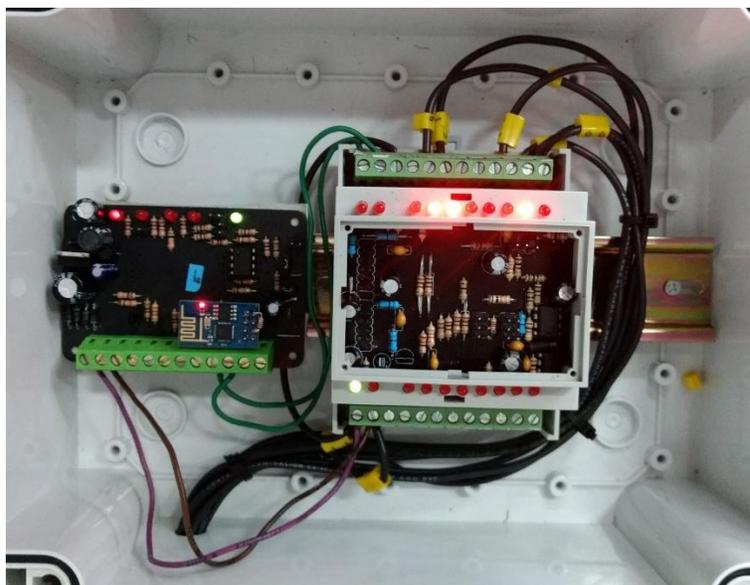


Figura 34. Módulo wi-fi.

Fuente: imagen propia.

Se crea una red local con un router, nuestra red se llamó AUTOMATA a la cual se conecta el pc que será el servidor, el enrutador le entrega una ip, la cual se cambiara por una ip estática, con el fin de que cuando se apague el pc o el router esta no cambie.

La configuración del módulo wi-fi, consta de un programa llamado “terminal”, con este se le asigna la misma ip del servidor, el nombre de la cual se tiene que enganchar y el número del puerto en el que está.



Figura 35. Terminal serial.
Fuente: pantallazo del programa.

El “puente” es otro software que ayuda a saber si el módulo wi-fi está conectado con el servidor, en este se introduce el puerto del módulo y se selecciona la casilla conexión activa, el estado indica que está escuchando. Cuando se enlazan este aparecerá conectado.

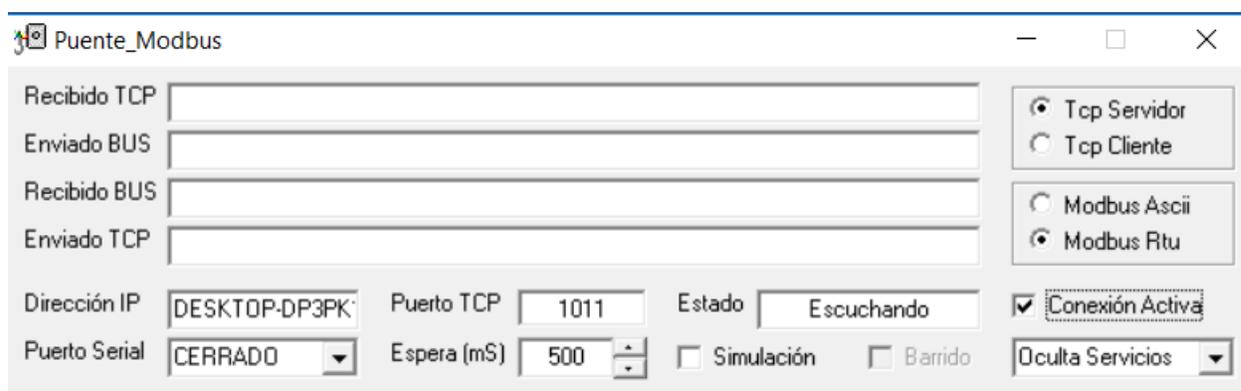


Figura 36. Puente modbus.
Fuente: Imagen propia

El software LABVIEW, en el cual diseñaremos el panel frontal, el cual será nuestra interface de medición de variables. En este caso se utilizó el LABVIEW 2016, al cual toco de descargarle la librería Mod, este es el protocolo de comunicación desde el autómeta hasta el programa.

Labview es un software de programación graficar, este cuenta con dos secciones en paralelos, uno es el panel frontal y el otro es el diagrama de bloques, el primero es la parte grafica de los elementos de control y de medición. El diagrama de bloques es la caja negra del programa donde se hacen las conexiones de los elementos que conforman la interface. Las modificaciones que se hagan en cualquiera de las secciones se verán reflejadas en la otra y viceversa.

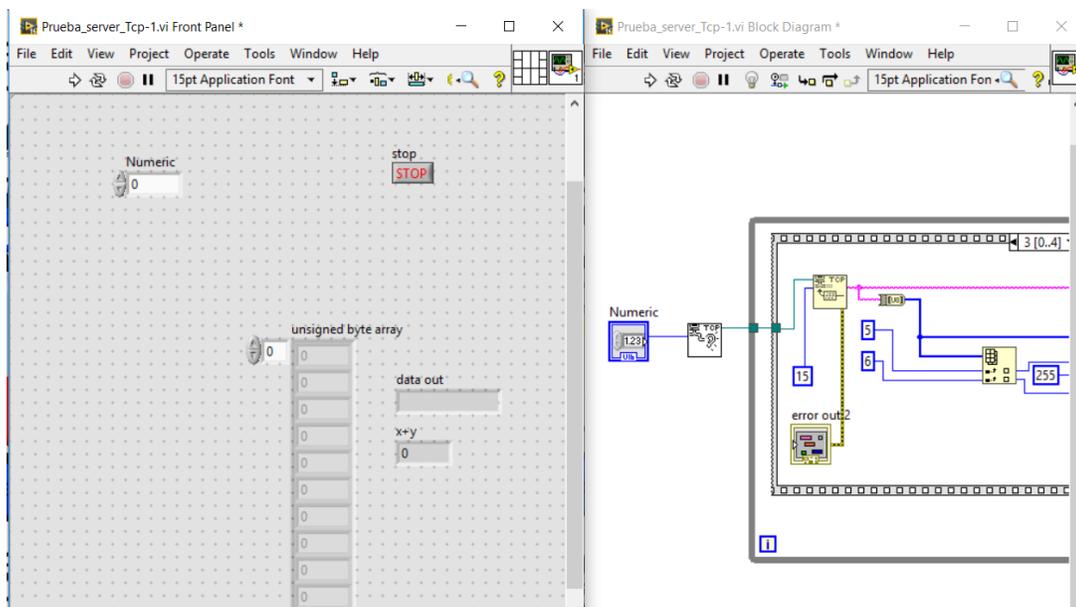


Figura 37. Panel frontal y diagrama de bloques de labview.
Fuente: imagen propia

Hay dos herramientas fundamentales en el proceso de construcción del programa, tolos palett y controls. La primera ayuda a la selección de objetos, cambio de color, conexión de los bloques, y varias opciones más. La segunda ayuda a la selección de los diferentes bloques, desde botones numéricos, hasta los manómetros para medición. A partir de estas herramientas se construyó la plataforma de visualización.

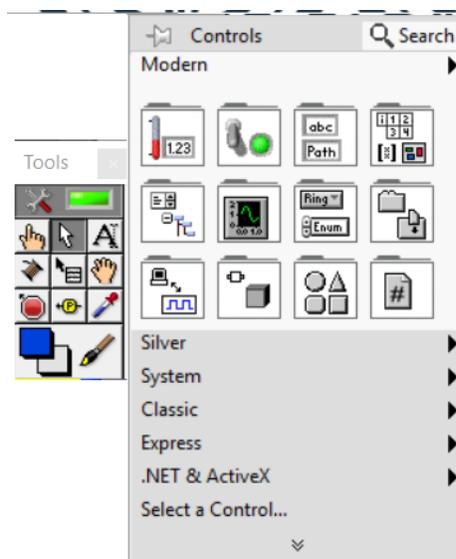


Figura 38. Herramientas de personalización y bloques.
Fuente: imagen propia.

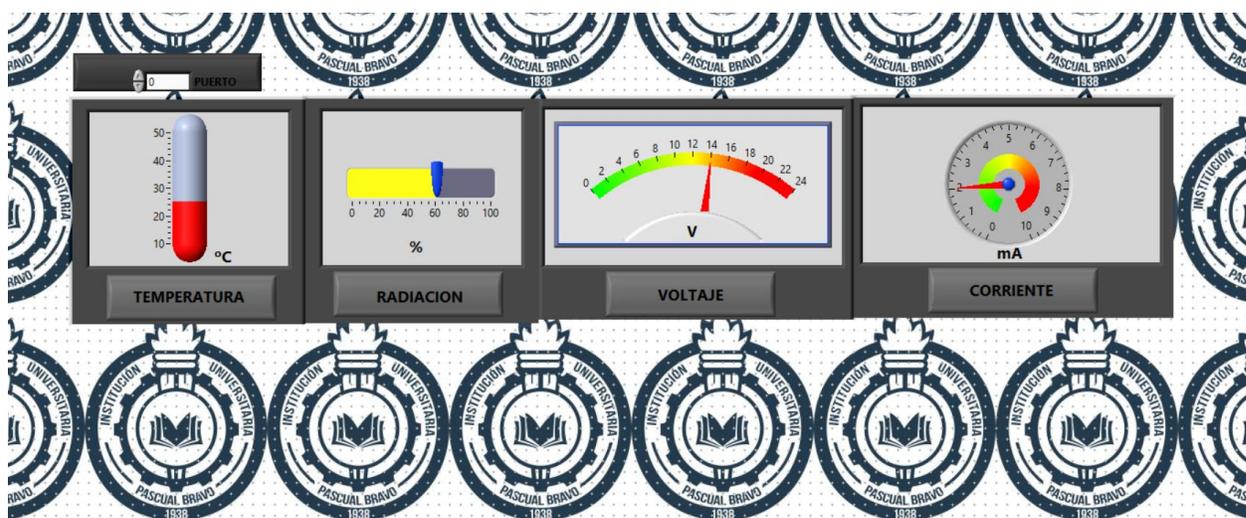


Figura 39. Plataforma de visualización de variables.
Fuente: Imagen propia.

7. Conclusiones

La mejor condición para un óptimo rendimiento del sistema de paneles se logra en días despejados, donde la radiación sea directa con la superficie del panel, perpendicular al sol donde la obstrucción en la trayectoria de la luz sea mínima

La generación de energía con los paneles solares como fuente alternativa y renovable, es mucho más eficiente y limpia que otros sistemas, además de ser amigable con el medio ambiente minimizando los efectos secundarios de las fuentes no renovables, puesto que no genera contaminación de fuentes de agua ni genera gases en el ecosistema.

La relación costo beneficio es muy alto, aunque el costo promedio de estos sistemas sea relativamente alto, el beneficio y ganancias a futuro son realmente buenas, si se tiene en cuenta el bajo costo en el mantenimiento y la vida útil de estos, además de su autonomía para funcionar.

El sistema empleado para detectar es bastante confiable tanto por las características de los sensores utilizados, como la plataforma encargada de hacer la lectura y transmisión de datos del panel que permite hacer un seguimiento en tiempo real de las variables determinadas mediante la plataforma en una forma gráfica.

8. Recomendaciones

Con la elaboración de este proyecto queda un sistema abierto donde se puede crear otra etapa de seguimiento, se recomienda la implementación de un sistema MPPT (seguidor de punto máximo de potencia), logrando que la relación entre voltaje y corriente, entregue en cada instante la mayor potencia a la red.

Realizar mantenimientos periódicos a los paneles solares, para obtener el mayor rendimiento posible y un funcionamiento óptimo de este, inspeccionando la caja de medición donde se encuentra el autómata y los sensores, verificando que no haya filtraciones de humedad, cables sueltos o sulfataciones en las borneras de conexión.

Tener presente que la comunicación de los dispositivos es por vía wi-fi, por lo que es indispensable la buena cobertura de red y ubicación del router o en su defecto la del Access point (National Instruments, 2017).

Referencias bibliográficas

- ABC, D. (2017). *Definicion ABC*. Obtenido de <http://www.definicionabc.com/tecnologia/energia-solar.php>
- Areny, R. P. (2007). *Sensores y acondicionadores de señal*. Mexico D.F: ALFAOMEGA.
- Fernández Salgado, J. M. (2009). *Tecnología de las energías renovables*. Madrid: Mudi prensas.
- Josep Balcells, J. L. (2001). *AUTOMATAS PROGRAMABLES*. MEXICO D.F: ALFAOMEGA.
- National Instruments. (2017). *www.ni.com*. Obtenido de National Instruments: <http://www.ni.com/es-co.html>
- Periodico Portafolio. (15 de Octubre de 2010). Energías renovables, un aporte al medio ambiente. (J. Gonzales, Ed.) *Seccion Economia Finanzas*, págs. <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/energias-renovables-aporte-medio-ambiente-486498>.
- Rich, M. (2017). *Digi-key*. Obtenido de <https://www.digikey.com/es/articles/techzone/2016/aug/the-basics-of-chip-on-board-cob-leds>
- Rojas, J. F. (2015). *ENERGIAS ALTERNATIVAS EN COLOMBIA BAJO LA LEY 1715*. Obtenido de <http://repository.unimilitar.edu.co/>: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/7462/1/ENERG%C3%8DAS%20ALTERNATIVAS%20EN%20COLOMBIA%20BAJO%20LA%20LEY%201715.pdf>