

## CAPITULO IV

### PROPUESTA E UN DESHIDRATADOR SOLAR DE FRUTAS AUTOMATIZADO

Los alimentos secos son ligeros, ocupan menos espacios y no requieren refrigeración, en nuestro Estado de Guerrero, existe una tradición de secar una variedad de productos alimenticios, colocándolos sobre el suelo y exponiéndolos directamente al sol, en varios períodos con la finalidad de preservarlos y utilizarlos.

La técnica de utilizarlo determina elevadas pérdidas de producción, debido que los productos de granos están expuestos, a la acción de depredadores y al final la calidad del producto no es confiable.

Para disminuir esta pérdida y lograr obtener productos secos de calidad es secarlos con la energía solar; utilizando hornos solares y deshidratadores de alimentos, bajo condiciones climatológicas controladas. Es decir, utilizando una correcta combinación de temperatura de calentamiento, baja humedad y corriente de aire. Así también, utilizar la energía proveniente del sol, la corriente electricidad y combustibles.

Este principio es correcto, pero tiene algunos factores, que cumplir:

- El nivel de instrucción de los productores,
- Los costos de la tecnología de secado,
- El volumen de producción, y
- La disponibilidad de energía convencional.

Los sistemas de deshidratación con almacenamiento tienen costos de inversión elevados. Su adquisición requiere el adiestramiento técnico del operador que, se aproveche al máximo los beneficios de esta tecnología que, se ofrece, para mejorar el buen manejo.

Conociendo las características del equipo adquirido, el productor tendrá una mayor capacidad de negociación, aumenta la comercialización y maximiza sus utilidades. Además, los costos iniciales aludidos, para utilizar las técnicas de secado y almacenamiento son económicamente viables al tener un nivel de producción mínimo. Por otro lado, es un error suponer que, esta tecnología es recomendable sólo para grandes productores. Las variaciones de estas técnicas se extiende, para ser utilizados en un abanico amplio de producción.

Los métodos de secado modernos, los intercambios de aire y masa entre producto y medio ambiente, son producidos por convección de aire forzado. Pero, al no existir energía eléctrica, para impulsar estos ventiladores, se pierde el interés de utilizar estos sistemas de secado y almacenamiento.

Los deshidratadores solares se considera una técnica que contribuye a reducir pérdidas en el proceso de post-cosecha de varios productos, que mejora su calidad y contribuye a elaborar nuevos elementos. Su construcción no requiere de alta tecnología y se adaptan a los diferentes niveles de desarrollo tecnológico de una determinada región comunitaria. Así también, es importante mencionar que, esta tecnología se utiliza energía renovable, disponible en la mayor parte de nuestro País y no tiene efectos secundarios sobre la ecología.

#### **4.1.- DESHIDRATADORES SOLARES**

Existen diferentes deshidratadores de alimentos en el mercado utilizados en la industria, que tienen aplicaciones representativas en el procesamiento de alimentos, inclusive se combinan procesos para preservar alimentos; como las frutas donde la deshidratación osmótica, se complementa con la convencional, aplicadas a frutas confitadas, acitronadas y otros. Lo que conlleva a una evaluación necesaria de diversas opciones de métodos y equipos.

El secado a escala, se diseñó al principio en la Primera Guerra Mundial, para alimentar a las tropas. En los años treinta, tanto Europa como América, desarrollaron los deshidratadores domésticos. Con estos avances tecnológicos, en la Segunda Guerra Mundial, surgen 160 empresas industriales dedicadas a la deshidratación de alimentos, que operaron en EE.UU. y con un menor peso y volumen, fácil transporte, conservación y mayor tiempo de vida. En consecuencia, la tecnología de los deshidratados en la industria de alimentos ha tenido diferentes innovaciones y diferentes procesos aplicados a los equipos actuales.

En este proyecto propuesto se diseña en el Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco, donde el deshidratador solar no están calentando en forma directa al producto, se realiza el calentamiento en el trayecto de entrar el aire en la cámara de secado y con el proceso de transferencia de calor convectiva, pasa por la superficie del producto a deshidratar, para que, el aire absorbe su humedad. Así también, después que, el aire absorbió la humedad, el aire se humedece y se extrae para salir de la cámara al medio ambiente, antes de que cambie de fase a líquido y se escurra nuevamente al producto.

El desarrollo de este proyecto es proporcionar un método, para mejorar el calentamiento de aire y solucionar el problema de contaminación de los alimentos, solucionar los problemas de reducción de costos de producción, el ahorro de energía en el consumo de combustible tradicionales. Finalmente reducir las emisiones de gases que, contaminan el medio ambiente, el ahorro de tiempo en producción. Así también ofrece mayor calidad y control del producto terminado

#### **4.2.- PROPUESTA DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL DESHIDRATADOR SOLAR**

Este trabajo de tesis, se muestra la construcción, instalación y el análisis térmico del deshidratador solar que, se utilizan en el proceso de calentamiento de aire con energía solar que, sustituye los que utilizan

combustible gas L:P y natural. La finalidad es realizar la instalación, de los instrumentos que van a realizar y obtener los datos del procedimiento térmico, donde se realiza el calentamiento del aire, para deshidratar los diferentes tipos de frutas y absorber la humedad que, contenga con el proceso de secado adiabático de 8 a 12 horas, sin agregar aditivos ni preservantes. La temperatura óptima, para el deshidratado comprende un rango de 65 a 75 °C, para una capacidad de 20 Kg. *De los diferentes productos, pero en especial la flor de Jamaica fresca. (Hibiscus sabdariffa, L).*

Así también, se describe la automatización, utilizando las tarjetas Arduino y Raspberry pi. La primera tarjeta funciona en modo esclavo, porque obtiene las señales analógicas emitidas por los sensores de humedad y temperatura SHT15, de entrada y salida del aire en el deshidratador solar y la salida del deshidratador solar, la temperatura del aire húmedo dentro de la cámara del deshidratador y la cantidad de humedad del producto. Estos datos se envían a la tarjeta Raspberry pi, por medio de un servidor Web, para procesarla con la finalidad de llevar el control del proceso de deshidratación.

Los resultados muestran que, estos sistemas automatizados son capaces de mostrar las temperaturas en tiempo real, prioritariamente la humedad del producto, para no extraerla del deshidratador que, se aplica en el proceso tradicional. Así también, se modifican las temperaturas de las diferentes frutas en el deshidratador y disminuir el tiempo del proceso de deshidratado.

### **4.3.- DESHIDRATADORES AUTOMATIZADOS ACTUALMENTE**

El secado de alimentos, tradicionalmente que se realizan en nuestro País, exponiendo la flor de la Jamaica directamente al sol en una plancha de cemento a nivel del suelo. Este tipo de secado genera mermas y una disminución de la calidad del producto seco. Por otro lado, existen productos que, no se secan directamente “al sol” por lo tanto, este secado tradicional no es factible que, se realiza en forma limitada si no existen las condiciones meteorológicas apropiadas. Debido a esta problemática, la automatización de un deshidratador solar de mango y flor de la Jamaica requiere del uso de dos unidades:

1. Un subsistema de adquisición de datos y control;
2. Un subsistema de monitoreo en tiempo real.

Cada uno, con sus propias especificaciones y características que, les permitan controlar el proceso de deshidratación, administrando de manera eficiente las variables básicas, como calidad, energía, tiempo y costo.

El deshidratador solar permite efectuar un secado de manera eficiente en el transcurso del calentamiento del aire que, posibilita la conservación de las propiedades de los productos agrícolas, protección contra la contaminación ambiental y del ataque de insectos y animales durante el proceso de secado.

#### 4.4.- MATERIALES Y MÉTODOS

Este proyecto de tesis se debe realizar en las instalaciones del Laboratorio de Electromecánica del Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco que, está integrado por un deshidratador solar tipo escalera, para calentar el aire que, al mismo tiempo fluye por la superficie del producto, para absorber su humedad del mango o la flor de la Jamaica. En la parte de automatización se crea el sistema capaz de controlar el proceso de deshidratación, utilizando Arduino y Raspberry.

#### 4.5.- MICROCONTROLADOR ARDUINO

Es un subsistema de adquisición de datos y control, está integrado por tres sensores de humedad y temperatura, tres actuadores para control del flujo de aire e interfaces de entrada, salida y comunicaciones. Para realizar el monitoreo es necesario implementar un dispositivo capaz de leer valores analógicos. En este caso se optó por utilizar un sistema Arduino capaz de realizar este proceso, que se muestra en la figura 4.1.

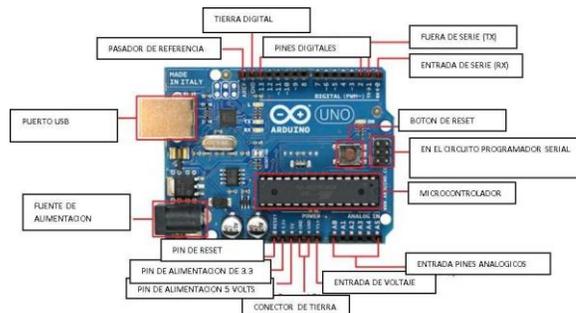


Figura 4.1.- Componentes del microprocesador denominado Placa arduino.

Este dispositivo es una plataforma de [hardware libre](#), basada en una [placa](#) con un [microcontrolador](#) y un [entorno de desarrollo](#), diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios:

Contiene 14 pines digitales de entrada / salida, 6 son utilizados como salidas PWM y 6 entradas analógicas, un 16 MHz resonador cerámico, una conexión USB, un conector de alimentación, un header ICSP y un botón de

reinicio. Tiene lo necesario, para que, el microcontrolador ATmega328, se conecte a un ordenador con un cable USB y se alimenta con un adaptador de corriente AC a DC, con un rango de 7 a 12 voltios.

La Computación física, significa la construcción de sistemas interactivos físicos mediante el uso de software y hardware que, sienten y responden al mundo analógico. Esta definición es amplia que, abastece aspectos como sistemas inteligentes de control, de tráfico de automóviles, de procesos de automatización de fábricas, de diseño de proyectos que, utilizan sensores y microcontroladores, para traducir entradas analógicas a sistemas basados en software y controlar dispositivos electromecánicos, como motores, servos, iluminación u otro hardware.

Arduino incluye un monitor en serie que, permita enviar los datos simples de texto. Las RX y TXLED localizados en el tablero parpadean, cuando están transmitiendo los datos con el chip de USB en serie y al ordenador con USB, pero no para la comunicación en serie en los pines 0 y 1.

Para trabajar con Arduino, se implementa utilizar el programa Entorno de programación a la placa que, se descarga de la página Web de Arduino, existen versiones, para Windows y para MAC, así como las fuentes para completarlas en LINUX.

Como elementos de entrada se deben utilizar tres dispositivos de última generación SHT15 con salida digital que, integran sensores de humedad relativa y temperatura, amplificadores, convertidor analógico-digital de 14-bits, memoria OTP, registros e interfaz en serie. Se ~~deben~~ utilizar estos dispositivos para garantizar las mediciones confiables en rangos del 0-100% de humedad relativa y hasta 123.8 °C, como temperatura máxima, de acuerdo a las características del proveedor.

Todos los componentes de los subsistemas son importantes, lo cierto es que, la adquisición de datos representa el punto de partida del proceso, porque los valores de las variables capturados permitan realizar las acciones de control en los momentos en que, se cumplan las condiciones predefinidas.

En este sentido, el uso de sensores con salida digital facilita la adquisición de datos al simplificar, incrementar la confiabilidad del sistema, como se muestra en la figura 4.2.

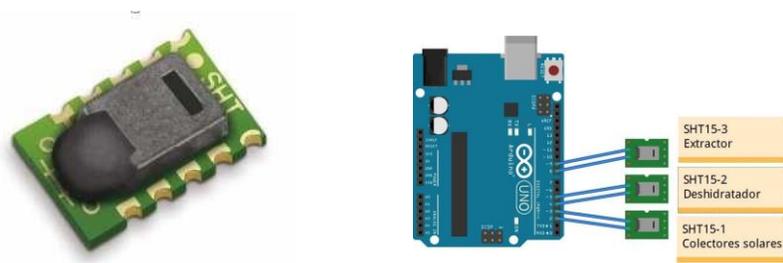


Figura 4.2.- Conexión de sensores de humedad y temperatura SHT15 al sistema Arduino Uno.

Los sensores de temperatura SHT15 se deben colocar en lugares estratégicos de del deshidratador solar, como a las entradas del aire atmosférico de la parte inferior de la estructura que, se considera la temperatura ambiente y a la salida de la mismo estructura, que corresponde a la parte superior, para que, los extractores absorban el flujo de aire húmedo, después de haber absorbido la humedad del producto a deshidratar su rendimiento térmico,, para expulsarlo a medio ambiente, antes de que se condense la humedad del aire. Antes de este proceso, se debe colocar un sensor de humedad solido, para monitorear la humedad del producto y otros sensor de humedad del aire, para identificar su humedad, para ser expulsado al medio ambiente, como se muestra en la figura 4.3, la estructura del deshidratador solar.



Figura 4.3.- Entrada y salida del aire del deshidratador solar tipo escalera.

#### 4.6.- MINIORDENADOR RASPBERRY PI

El subsistema de monitoreo en tiempo real que, incluye visualización gráfica de los parámetros del deshidratador solar, administración de una base de datos e interfaz de comunicaciones. En este caso se utiliza una microcomputadora Raspberry Pi modelo B, es un ordenador de placa reducida con dimensiones de 8,5 por 5,3 cm, se comercializa con chip integrado Broadcom BCM2835, que contiene un procesador ARM1176JZF-S con varias frecuencias de funcionamiento y la posibilidad de subirla

(overclocking) hasta 1 GHz sin perder la garantía, es un procesador gráfico VideoCore IV, con 512M de RAM, con la posibilidad de reproducir vídeo en 1080p. Así también, tiene una salida de vídeo y audio a través de un conector HDMI que, se conecta a televisores y monitores con esta conexión y se agregan las salidas de vídeo compuesto y de audio a través de un minijack y compatible con teclado y ratón.

Posee una conexión de internet 10/100, pero no tiene conexión Wi-Fi, gracias a los dos puertos USB incluidos, sin embargo se sustituye con un adaptador Wi-Fi USB de terceros. Los puertos tienen un límite de corriente, si se conectan discos duros u otro dispositivo, tendrá que hacerlo a través de una alimentación hub USB.

Este ordenador no tiene almacenamiento, pero en su parte inferior tiene un lector de tarjetas SD, para reducir costos y espacio con la posibilidad de instalar un sistema operativo en una tarjeta de memoria de 1 GB o más. Para su alimentación se utiliza un cargador móvil con conexión micro USB que, proporciona una corriente de 750 mA, pero se recomienda de 1 A, como se muestra en la figura 4.4.

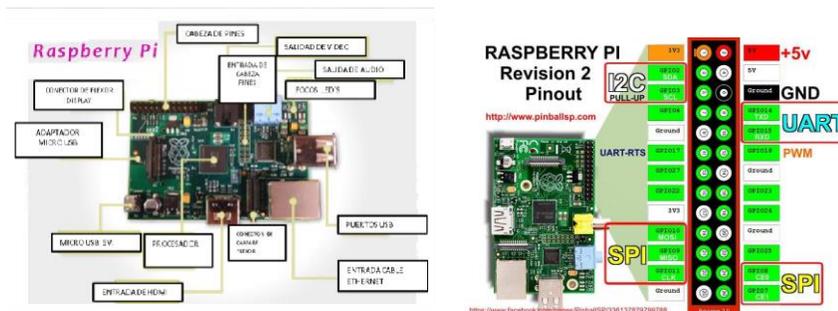


Figura 4.4.-Localización de los componentes del Raspberry Pi.

De la página web de Raspberry Pi, se descargan los sistemas operativos, para cargar la tarjeta SD, como la distribución Raspbian, derivada de Debian, Wheezy, Arch Linux y RISC OS. También se trabaja en la posibilidad de utilizar Abdroid, como sistema operativo.

El puerto de entrada/salida, para propósitos generales (GPIO) son pines, que se comunican al Raspberry PI con otros componentes y circuitos electrónicos. No todos los pines están habilitados para utilizarse, es decir que, no están conectados a un equipo externo o al mismo microprocesador, debido que, cualquier conexión daña la tarjeta. Otros pines tienen la función de utilizar los protocolos I2C, SPM, otros habilitados para utilizarse del PWM, Tx, Rx y un par de pines son de alimentación de 5v y 3.3v.

#### 4.7.- CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA RASPBERRY PI:

La metodología para el funcionamiento de la microcomputadora en la tarjeta SD es: primero se descarga Raspbian Debian Wheezy desde la página oficial de Raspberry: <http://www.raspberrypi.org/downloads/> . Se inserta la tarjeta SD en el lector de tarjetas y se verifica la asignación de letra de unidad, como (G) que, se observa en la columna izquierda del Explorador de Windows. En seguida, se descarga la utilidad Win32DiskImager de la página de Sourceforge Proyecto que, es un archivo zip, se ejecuta desde una unidad USB. Se extrae desde el zip y se ejecuta la utilidad Win32DiskImager que, ejecuta la utilidad como administrador. Se hace clic derecho en el archivo y se selecciona ejecutar como administrador. Se selecciona el archivo de imagen que extrajo anteriormente. Se selecciona correctamente la letra de unidad de la tarjeta SD en la caja del dispositivo, de lo contrario destruye sus datos en el disco duro de la computadora. Si utiliza una ranura para tarjetas SD en su ordenador y no observa la unidad en la ventana Win32 DiskImager, utilice un adaptador SD en un puerto USB. Se hace clic en escritura y aparece la ventana de la figura 4.5, del lado izquierdo. En esta figura, se muestran que, al conectar los accesorios a la tarjeta Raspberry, se inicia por primera vez y aparece otra ventana con las configuraciones iniciales, donde se hacen algunos ajustes, como la zona horaria, expandir la tarjeta SD, cambiar usuario y contraseña.

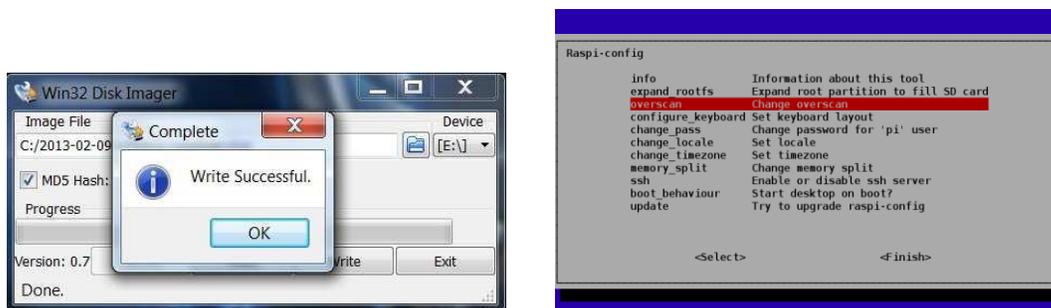


Figura 4.5.- Ventana de terminación de la escritura y las configuraciones

iniciales.

Se selecciona finalizar la tarjeta Raspberry, se reinicia y empieza a trabajar de manera habitual. Para acceder de nuevo, es necesario escribir el usuario y contraseña, como: User: "pi" y Password: "raspberrypi", como se muestra en la figura 4.6, para entrar al entorno grafico se teclea el comando: "startx".

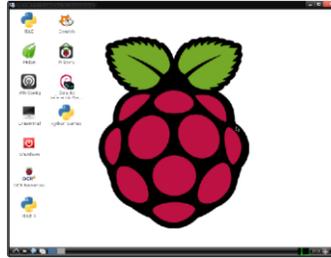


Figura 4.6.- Ventana de inicio de la placa Raspberry pi.

Raspberry Pi es un mini-ordenador que, funciona con el sistema operativo Linux, mientras que Arduino es un microcontrolador ejecutando un programa sencillo con acceso a sus pines IO. Ambos se centran en diferentes áreas. En comparación con Arduino, Raspberry Pi consigue mejor rendimiento a nivel de cálculo, para ejecutar programas complejos.

#### 4.8.- MONITOREO Y CONTROL DE LA TEMPERATURA DEL DESHIDRATADOR SOLAR

Se realiza el monitoreo de las temperaturas de entrada del aire atmosférico por la parte inferior del deshidratador tipo escalera y la salida del aire húmedo, por el parte superior forzado con extractores de baja velocidad, antes que la humedad extraída de la superficie del producto deshidratado, cuando pasa por la cámara deshidratadora de la trayectoria del aire caliente, cuando se utiliza el ordenador Raspberry y Arduino:

Primero se configura la tarjeta Raspberry Pi y después hay que cerciorarse que, la tarjeta Raspberry se encuentra actualizada, para ello escribe en la LX Terminal los siguientes comandos:

```
sudo apt-get update sudo apt-get upgrade
```

En seguida, se crea un servidor web en la tarjeta Raspberry, mediante los siguientes comandos:

```
sudo groupadd www-data  
sudo usermod -a -G www-data www-data  
sudo apt-get update sudo apt-get  
upgrade  
sudo apt-get install apache2
```

Si todo ha salido correcto hasta este punto, aparece una ventana con un mensaje igual en el navegador de la tarjeta Raspberry que, se muestra en la figura 4.5.

En seguida se ejecutan los siguientes comandos:

```
sudo apt-get install php5
```

```
sudo apt-get install libapache2-mod-php5 libapache2-mod-perl2 php5 php5-cli php5-
common php5-curl php5-dev php5-gd php5-imagick php5-ldap php5-mhash php5-mysql
php5-odbc
```

```
sudo reboot
```

```
sudo nano /var/www/info.php
```

Ahora se abre el local host de la tarjeta Raspberry y aparece la ventana con otro mensaje, que se muestra en la misma figura 4.7.



Figura 4.7.- Mensaje de una correcta instalación de los comandos y del servidor PHP

Una vez, que, se tiene el servidor Web, se procede a generar la base de datos que, envía el Arduino: Se abre PHPAdmin, y se crea la base de datos, que, en este caso se denomina deshidratador. Esta base de datos se vincula en una tabla con cinco columnas que, corresponde a los sensores que, se utilizan en las mediciones, para posteriormente realiza la programación del servidor, donde se realiza el siguiente código; por ejemplo:

```
<?php
// config.php
// Credenciales
$dbhost = "localhost";
$dbuser = "user";
$dbpass = "pass";
$dbname = "sensores";
// Conexión con la base de datos
$con = mysqli_connect($dbhost, $dbuser, $dbpass,
$dbname);
?>
<?php
// iot.php
// Importamos la configuración require("config.php");
// Leemos los valores que nos llegan por GET
$val = mysqli_real_escape_string($con, $_GET['valor']);
// Esta es la instrucción para insertar los valores
$query = "INSERT INTO valores(valor) VALUES('$val')";
// Ejecutamos la instrucción mysqli_query($con, $query); mysqli_close($con);
?>
Así también, se procede a realizar la programación de la tarjeta Arduino, de la siguiente
manera: #include <Ethernet.h>
#include <SPI.h>
// Configuración del Ethernet Shield
byte mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFF, 0xEE}; // Dirección MAC
byte ip[] = { 192,168,1,100 }; // Dirección IP del Arduino byte server[] = { 192,168,1,6 }; // Dirección IP del servidor
EthernetClient client;
float temperatura; int analog_pin = 0; void setup(void) {
```

```

Ethernet.begin(mac, ip); // Inicializamos el Ethernet Shield delay(1000); // Esperamos 1 segundo de cortesia}
void loop(void) {
  temperatura =
  analogRead(analog_pin);
  temperatura =
  5.0*temperatura*100.0/1024.0;
  //Display in Serial Monitor
  Serial.print(temperatura); //Return temperature to
  MonitorSerial.println(" oC");
  // Proceso de envio de muestras
  al servidorSerial.println("Connecting...");
  if (client.connect(server, 80)>0) { // Conexion con el servidor
  client.print("GET /tutoiot/iot.php?valor="); // Enviamos los datos por
  GET
  client.print(temperatura); client.println(" HTTP/1.0"); client.println("User-Agent: Arduino
  1.0"); client.println(); Serial.println("Conectado");} else {
  Serial.println("Fallo en la conexion");}
  if (!client.connected()) { Serial.println("Disconnected!");} client.stop(); client.flush();
  delay(60000); // Espero un minuto antes de tomar otra muestra}

```

De esta manera, mientras el subsistema de adquisición de datos y control mantiene en operación al proceso, el subsistema de visualización recibe los datos del deshidratador, administra la base de datos, a través de una interfaz gráfica de usuario que, muestra el estado del proceso y finalmente permite el monitoreo remoto a través de Internet, para empezar a enviar los datos al servidor de la tarjeta Raspberry.

En consecuencia, se crea un programa en Python, donde los valores de las temperaturas llegan a la tarjeta Raspberry y regresa una señal al Arduino, que activa una salida con una sirena de alerta, para indicar que, la temperatura del deshidratador está en óptimas condiciones, para realizar el proceso de deshidratación. Cuando termina este proceso, se almacena el archivo con el nombre de “z.py”, para volver a ejecutar este programa, se dirige de nuevo al LXTerminal y se escribe el comando “ls”, para observar si se encuentra el archivo, como se muestra en la figura 4.8.



Figura 4.8.- Diagrama de bloques del deshidratador y adquisición de datos y archivos encontrados por la LXTerminal de la Raspberry.

Este proceso se encuentra en pausa, debido al apremio del tiempo. Pero en la siguiente etapa, consiste en graficar los datos obtenidos, para proporcionar una presentación y realizar un análisis. Los gráficos se contemplan con un programa denominado HighCharts.