



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE CROQUETAS
PARA PERROS.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECATRÓNICO

P R E S E N T A N:

GONZÁLEZ ZARAGOZA ROGELIO
PICAZO LUNA FRANCISCO

DIRECTOR DE TESIS

ING. LUIS YAIR BAUTISTA BLANCO

CIUDAD UNIVERSITARIA,
MEXICO D.F. 2014





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos.

Rogelio González Zaragoza

Agradezco en especial medida a mis padres. A mi madre María Enriqueta que siempre ha estado en toda mi vida estudiantil siendo un gran apoyo para poder terminar mi ingeniería, siendo la mujer más importante. A mi padre Rogelio que ha sido el sostén de esta familia y sé que ha luchado mucho para poder sacar a sus hijos adelante, siendo la persona que más admiro.

Mis hermanas Karla y Carolina que siempre estuvieron ahí cuando más las necesitaba, siendo una gran motivación para poder superarme a mí mismo, ya que nunca se han dejado menospreciar y siempre han salido adelante las dos con grandes éxitos en su vida.

Mi familia que en especial siento que es la familia más unida que he conocido, gracias a la labor que ha hecho mi abuelita Elida, que gracias a ella nos enseñó que la familia siempre va primero y que siempre van a estar en las buenas como en las malas, mis tíos en especial a mi tío Emilio "Pichón", gracias por ayudarme a estudiar en las materias que necesitaba para entrar a esta grandiosa universidad, y también me enseñó que no todo son números, si no que, la política y pensar en lo que pasa en el país también es muy importante.

Mis hermanas adoptivas: Anaís, Itzani, Arisai y Yahel que siempre las he querido más que a mí mismo. Mis primos Tito y Pepo que siempre los he visto como los hermanos hombres que nunca tuve, y a todos mis primos en general con cada uno he tenido grandes momentos.

Mis sobrinos y los que vienen, en especial Sofía e Isabella que llegaron como una luz a esta familia, siempre ver la inocencia en los ojos de un niño te alegra la vida.

Mis amigos, se dice que es la familia que uno elijé y la he escogido perfectamente. Monserrat "Motta", de cariño, quien ha sido mi mejor amiga desde ya hace varios años y lo seguirá siendo. Mis hermanos: Picazo y Vladimir, que son los amigos con los que he pasado los mejores momentos de mi vida y que sé que seguiremos juntos hasta que la vida nos alcance. David el amigo más viejo que tengo siendo la persona que conoce más facetas de mi vida, todavía recuerdo cuando lo conocí. La OPPE que es mi pequeña familia y hemos pasado la mejor etapa de la vida de un ser humano juntos, teniendo momentos que aun cuando los recuerdo me sacan una gran sonrisa. Y a todos los amigos que he conocido a lo largo de mi vida que cada uno ha marcado como soy ahora y que siempre los recuerdo.

Mi gran amiga y compañera Nala que ella me dio la idea para hacer este proyecto realidad, siempre estuvo ahí cuando la necesite y ahora que no está le he extrañado.

La Universidad Nacional Autónoma de México y en especial a la Facultad de Ingeniería, mi alma máter, mi segundo hogar, siempre seré orgullosamente universitario de la máxima casa de estudios del país. Momentos que jamás los olvidaré los pase entre las paredes que integran Ciudad Universitaria, patrimonio de la humanidad.

Mis maestros que si no fuera por ellos no sería lo que soy ahora. Ing. Yair Bautista que estuvo con nosotros durante toda la última etapa de la carrera, ayudándonos en poder obtener el título de ingeniero. Profesor Rolando Peralta Pérez que en las clases que estuve con él me enseñó el verdadero significado de ser ingeniero y me abrió los ojos a este mundo, sin duda una gran inspiración a lo largo de mi carrera.

A todos las personas que en el pasado han tratado de cambiar el país donde vivimos, y que han sido calladas o ignoradas, una mención especial para esas personas ya que nos inspiran, y que gracias a ellas me dan esperanza de que este país puede cambiar para bien, espero que dentro de 10 o 20 años que lea esto que escribí viva en un México mejor, con justicia y libertad. Un gran aplauso para todas esas personas que luchan todos los días.

Y para terminar quiero agradecer a mi gran inspiración, la persona que le dedico esté trabajo y mi carrera en general, a mi abuelito Emiliano que en la última platica que tuve con él le prometí que sería el mejor ingeniero, y con esto pongo el primer paso para lograr lo que le prometí y se lo voy a cumplir, gracias por todas las enseñanzas que nos diste.

Gracias a todos.

Agradecimientos.

Francisco Picazo Luna

A mi madre, la mujer más dedicada y trabajadora que conozco y por la cual, estoy donde estoy. Gracias por poner ante todo a tu familia y por enseñarme el valor de trabajo. Gracias por apoyarme en todo momento y desde siempre. Este trabajo es especialmente para ti.

A mi padre, por todos los sacrificios que ha hecho por la familia. Gracias por todos los consejos, por todo el apoyo y por estar siempre ahí cuando tengo un problema; realmente has hecho mi vida más fácil. Tienes toda mi admiración y respeto.

A mis hermanos, por todo lo que hemos vivido juntos. Gracias por soportar mis bromas y cuando los molesto; sin ustedes la vida sería muy aburrida.

Dedico este trabajo a la memoria de mi abuela Victoria Gamboa, que fue como una segunda madre. Gracias por todo el cariño y por todas las experiencias que hoy hacen que te recuerde con una sonrisa.

A la familia Picazo Díaz, por acompañarme en todas las fechas importantes, desde cumpleaños hasta graduaciones, sé que siempre puedo contar con ustedes.

A la familia Luna Gamboa por el apoyo y por la hospitalidad que han tenido con mi familia.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, que no sólo me formó como ingeniero, sino que también me formó como un ser humano integral. Gracias por todas las experiencias dentro y fuera del salón de clases.

Al Ing. Yair Bautista por su apoyo durante el desarrollo de este trabajo. Gracias por romper los paradigmas de la ingeniería y darle una perspectiva divertida e interesante.

A mi amigo, Rogelio González, que desde los primeros semestres hemos trabajado y nos hemos divertido juntos. Un agradecimiento especial a tu familia por la hospitalidad y por todo el apoyo que recibimos durante los proyectos escolares.

A todos mis amigos, que con su compañía han enriquecido y alegrado mi vida. Gracias a Abraham, Víctor, Brenda, Salvador, Ivonne, Pamela, Cipatli, Xo, Marisol, Vero, Itzel, Vladimir, Majó, Rose, Vargas, Pancho, Víctor y Gina.

Al Ing. Rolando Peralta, por ser una fuente de inspiración y motivación y despertar el amor que siento por la ingeniería.

Dedico especialmente este trabajo y todos los proyectos anteriores a los estudiantes mexicanos desaparecidos en distintas épocas de la historia (movimiento del '68, "Halconazo", caso Ayotzinapa, entre otros), a los cuales se les privó del derecho de terminar una carrera profesional.

Un agradecimiento especial a todos los artistas, bandas y músicos, que me han acompañado durante toda mi vida estudiantil. En cada desvelo, desarrollando proyectos o simplemente descansado de tareas y estudio, siempre me acompañó una canción.

Índice General

1. Objetivos.....	13
1.1.- Objetivo General:.....	14
1.2.- Objetivos particulares:.....	14
2. Antecedentes.....	15
2.1 Las Mascotas:.....	16
2.2 El perro:.....	17
2.2.1.- Historia y domesticación del perro:.....	17
2.2.2.- Características del perro.....	18
2.2.3.- Clasificación de los perros.	22
2.3.- La alimentación del perro:.....	23
2.3.1.- Macronutrientes:.....	24
2.3.2.- Cálculo de contenido energético requerido por el perro.....	25
2.3.3.- Tipos de dietas:.....	27
2.3.4.- Tipos de alimentos para perro:.....	28
2.3.5.- Croquetas comerciales.....	31
2.4 Dispensadores de Croquetas.	33
3. Diseño.....	37
3.1 Agentes de diseño	38
3.2 Necesidades	40
3.3.- Especificaciones	43
3.4.- Sistematización.....	45
3.4.1.- Diagrama de caja negra.....	45
3.4.2 Subsistemas funcionales.....	46
3.4.3.- Diagrama de interacción de sistemas.	47
3.5.- Propuestas de solución para los subsistemas.	50
3.6.- Configuraciones.	61

3.7.- Elementos de la configuración final.	64
4. Desarrollo	73
4.1. Lógica y diagramas de flujo	74
4.2. Implementación de sistemas	81
5. Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados.	94
5.1.- Pruebas de comunicación: Aplicación Móvil - Dispensador	95
5.2.- Pruebas de dosificado	98
5.3.- Pruebas de reconocimiento	104
5.4.- Prueba de funcionamiento en laboratorio	106
5.5.- Prueba de funcionamiento en entorno esperado.....	114
6. Conclusiones.....	117
7. Trabajo a futuro.	122
Anexos.	126
Código fuente PIC16F887.....	127
Código fuente Arduino UNO.....	134
Diagrama de bloques para aplicación móvil. MIT App Inventor.....	139
Planos.	145
Referencias.....	150

Índice de imágenes

2. Antecedentes.

Figura 2.1 Mascotas más comunes.....	16
Figura 2.2.- Evolución del perro.....	18
Figura 2.3.- Espectro de visión del perro.....	19
Figura 2.4.- Los perros reaccionan a caricias.....	20
Figura 2.5.- Lengua del perro.....	21
Figura 2.6.- Nariz y cerebro del perro.....	22
Figura 2.7.- El tamaño del perro determina la dieta que debe seguir.....	23
Figura 2.8.- Sobras de comida para perro.....	29
Figura 2.9.- Comida preparada para perro.....	29
Figura 2.10.- Comida Húmeda.....	30
Figura 2.11.- Croquetas.....	31
Figura 2.12.- Dispensador por gravedad.....	33
Figura 2.13.- Dispensador automático Albatros.....	34
Figura 2.14.- Dispensador automático Crestuff.....	35
Figura 2.15.- Dispensador radial de 6 comidas.....	36

3. Diseño.

Figura 3.1.- Diagrama de caja negra.....	45
Figura 3.2.- Diagrama de interacción de subsistemas.....	47
Figura 3.3.-Ejemplo bandeja vertical.....	54
Figura 3.4.-Ejemplo bandeja horizontal.....	55
Figura 3.5.-Ejemplo bandeja tipo péndulo.....	55
Figura 3.6.- Fuente de voltaje @ 5[v], 2[A].....	65
Figura 3.7.- Modelo de contenedor de plástico.....	66
Figura 3.8.- Circuito DS1307.....	68

Figura 3.9.- Zumbador eléctrico 4 kHz.....	69
Figura 3.10.- Módulo Bluetooth.....	69
Figura 3.11.- Pantalla LCD de 16x2.....	70
Figura 3.12.- Llavero con identificar RFID.....	71
Figura 3.13.- Lector RFID.....	71
Figura 3.14.- Tarjeta de desarrollo UPRsys.....	71
Figura 3.15.- Tarjeta de desarrollo ArduinoUNO.....	72

4. Desarrollo.

Figura 4.1.- Diagrama de flujo general.....	75
Figura 4.2.- Diagrama de flujo Reposo.....	76
Figura 4.3.- Diagrama de flujo Programado.....	77
Figura 4.4.- Diagrama de flujo Dispensado.....	78
Figura 4.5.- Diagrama de flujo Alarma.....	79
Figura 4.6.- Diagrama de flujo Reconocimiento.....	80
Figura 4.7.- Contenedor y estructura.....	82
Figura 4.8.- Diseño y corte láser de piezas.....	83
Figura 4.9.- Dosificador.....	84
Figura 4.10.- Sistema de dosificación y de manipulación de alimento.....	85
Figura 4.11.- Mensaje en LCD. Sistema de interfaz.....	87
Figura 4.12.- Aplicación móvil. Android OS.....	87
Figura 4.13.- Simulación en ISIS Proteus. Sistema de control.....	89
Figura 4.14.- Puerto digital. ArduinoUNO. Sistema de interfaz.....	90

5. Pruebas y resultados.

Figura 5.1.- Comunicación entre aplicación móvil y monitor de puerto serial. Prueba de comunicación.....	96
Figura 5.2.- Caracteres esperados en monitor de puerto serial. Prueba de comunicación.....	97
Figura 5.3.- Pantalla LCD en prueba de cambio de hora. Prueba de comunicación.....	97

Figura 5.4.-Colisión entre croquetas y paredes de la ranura. Prueba de dosificado.....	98
Figura 5.5.- Descripción gráfica de uso de esponjas. Prueba de dosificado.....	99
Figura 5.6.- Croquetas atoradas entre sí. Prueba de dosificado.....	99
Figura 5.7.- Números de identificación de tarjetas en monitor de puerto serial. Prueba de reconocimiento.....	105
Figura 5.8.- LED indicador RGB con luz roja.....	106
Figura 5.9.- Aplicación móvil en entorno Android OS.....	106
Figura 5.10.- Botón de cambio de hora en aplicación móvil.....	107
Figura 5.11.- Switch enclavado de programación.....	107
Figura 5.12.- Botones para cambio de hora en aplicación móvil.....	107
Figura 5.13.- Botón “Programar” en aplicación móvil.....	108
Figura 5.14.- Botón "Iniciar" en aplicación móvil.....	108
Figura 5.15.- Text Box para peso del perro en aplicación móvil.....	108
Figura 5.16.- Check Box para actividad del perro en aplicación móvil.....	109
Figura 5.17.- Check Box para selección de horario en aplicación móvil.....	109
Figura 5.18.- Text Box para cantidad ideal de croquetas.....	110
Figura 5.19.- Botón "Horario" en aplicación móvil.....	110
Figura 5.20.- Ajuste de horarios de alimentación en aplicación móvil.....	111
Figura 5.21.- LED indicador RGB con luz azul.....	111
Figura 5.22.- Mensaje "Alimento Listo" en pantalla LCD.....	112
Figura 5.23.- Pesaje de croquetas dispensadas.....	112
Figura 5.24.- Diseño de tarjeta electrónica.....	114
Figura 5.25.- Perro raza Dachshund de 11 [Kg].....	115
Figura 5.26.- Ingreso de datos del perro y cálculo de croquetas necesarias.....	115
Figura 5.27.- Perro comiendo del dispensador de croquetas.....	116

6. Conclusiones.

Figura 6.1.- Modelo funcional Croquematic.....	120
--	-----

Índice de tablas

2. Antecedentes.

Tabla 2.1 Variación de peso en ciertas razas.....	22
Tabla 2.2.- Energía de los macro nutrientes. (CASE, 2001).....	25
Tabla 2.3.- Tabla de marcas comerciales de la Ciudad de México.....	31
Tabla 3.1.- Necesidades interpretadas.....	42
Tabla 3.2.- Especificaciones del dispensador.....	44

5. Pruebas y resultados.

Tabla 5.1.- Resultados de prueba de dispensado por vuelta.....	101
Tabla 5.2.- Estadística descriptiva. Prueba de dispensado por vuelta.....	101
Tabla 5.3.- Resultados de prueba de dispensado de 10 vueltas.....	103
Tabla 5.4.- Estadística descriptiva. Prueba de dispensado de 10 vueltas.....	103

1. Objetivos.

En este capítulo se describen los objetivos generales y particulares del proyecto. Posteriormente, en los siguientes capítulos, se busca cumplir con los objetivos descritos.

1.1.- Objetivo General:

- Diseñar y construir un modelo funcional de un dispensador automático y programable de croquetas para perros, capaz de dosificar la ración necesaria de croquetas, según el requerimiento energético del perro, a las horas programadas por el usuario.

Para cumplir con el objetivo general, es necesario seccionar el proyecto y definir objetivos particulares.

1.2.- Objetivos particulares:

- Analizar las características y requisitos nutricionales del perro y tomarlos en cuenta en el desarrollo del dispensador.
- Determinar sistemas y soluciones que satisfagan las necesidades y agentes de diseño.
- Desarrollar una interfaz de comunicación gráfica entre el usuario y el dispensador.
- Diseñar y caracterizar un dispositivo regulador de croquetas.
- Utilizar un elemento para la identificación del perro.
- Generar un modelo funcional a partir de las soluciones elegidas para los sistemas.
- Analizar la operación de un sistema de dosificación en un entorno controlado.
- Analizar la operación de un modelo funcional de dispensador con uno o varios perros en un entorno real.

Para cumplir con cada uno de los objetivos particulares, es necesario conocer el estado del arte, estadísticas y en general todos los elementos que anteceden al proyecto; a estos elementos se le conoce como antecedentes.



2. Antecedentes.

En este capítulo se describen las bases, estado del arte y factores relacionados con el proyecto de forma general. Posteriormente, cada concepto tomará importancia en el desarrollo del diseño.

2.1 Las Mascotas:

En la actualidad, la costumbre de tener una mascota es muy común entre las personas. Una mascota brinda compañía, protección, e incluso puede traer beneficios a la salud, como la disminución del estrés, el incremento del autoestima e incluso pueden ayudar a la persona a mantenerse en forma. [1]

Existe una gran variedad de mascotas (Figura 2.1). Dependiendo de las costumbres, tradiciones, ubicación geográfica o gustos particulares, una persona puede elegir entre muchos tipos de animales, como roedores, reptiles, aves, peces, gatos o perros.



Figura 2.1 Mascotas más comunes [2]

En México, el 58% de los hogares cuenta con por lo menos una mascota, sin importar cuál sea. [3] Por otro lado, México es el primer lugar en población canina de Latinoamérica. En 2011 existían alrededor de 5 millones de gatos y 18 millones de perros [4], siendo los últimos, la mascota más popular de este país. Lo anterior es confirmado por una encuesta realizada en Marzo de 2011, donde se describe que el 84% de las personas que tienen mascotas, tienen, al menos, un perro. [3]

A pesar de su popularidad, los perros no siempre han sido considerados como mascotas; desde su domesticación, hasta la actualidad, han sufrido muchos cambios y ha sido necesario estudiar su especie a profundidad para poder clasificarlos y en general, conocer los cuidados necesarios que deben tener.

2.2 El perro:

2.2.1.- Historia y domesticación del perro:

Desde la época prehistórica, el hombre ha convivido con el perro; éste es un animal de compañía y es muy apreciado por su alto sentido de fidelidad y por la agudeza de sus sentidos, características que han contribuido al desarrollo de su domesticación.

La hipótesis más aceptada de la domesticación del perro data de hace, aproximadamente, 12,000 años, donde los lobos fueron atraídos a los asentamientos humanos por los restos de comida que éstos dejaban.

Conforme pasó el tiempo, la rivalidad territorial entre los lobos y los hombres disminuyó. Ambas especies identificaron las ventajas de llevar una buena relación de convivencia y esto favoreció a la integración del animal en un entorno sociable y humano.

Los lobos, ya domesticados, colaboraron en las cacerías del hombre y en las actividades diarias que se llevaban a cabo; por su parte, el hombre alimentó y protegió a los lobos de otros animales y de los fenómenos climáticos. Lo anterior concluyó en la domesticación total del lobo y en la evolución al perro (Figura 2.2), tal como lo conocemos hoy en día. [5]



Figura 2.2.- Evolución del perro. [6]

En la actualidad, el perro aprende rápidamente a adaptarse a los hábitos humanos y a obedecer las órdenes del hombre, convirtiéndose en un compañero de gran confianza; sin embargo, es importante que el hombre tome en cuenta las características propias del perro al momento de considerar sus cuidados, para que éstos crezcan de forma saludable.

2.2.2.- Características del perro.

Existe una gran variedad de perros, sin embargo, éstos comparten ciertas características, sin importar su clasificación.

El antepasado directo del perro es el lobo, un animal carnívoro; es por eso, que el perro cuenta con colmillos afilados, utilizados para desgarrar carne. También, existen perros más dominantes que otros; esto se debe a que éstos son animales territoriales; es decir, que tienen la necesidad de proteger su territorio. Cuando dos o más perros conviven diariamente, el perro dominante, generalmente, tiene preferencia al elegir territorio y alimento.

El comportamiento del perro está definido por los estímulos que recibe. El cerebro del perro registra y analiza toda la información que recibe de sus sentidos para así, generar patrones de comportamiento. A continuación se nombran algunas características de sus sentidos:

- **La vista:** Los ojos del perro son más planos que los del hombre. Debido a que el sentido de la vista está adaptada a la caza, los ojos del perro son muy sensibles a la luz y al movimiento, sin embargo, fallan al reconocer detalles. Los perros no perciben el mismo espectro de color que las personas; pueden percibir tonalidades de azul y amarillo, sin embargo, el rojo lo perciben como amarillo y el verde como gris. (Figura 2.3) [5]

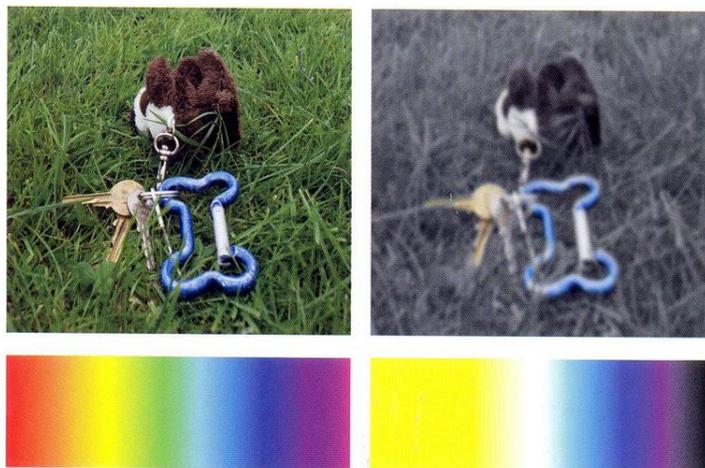


Figura 2.3.- Espectro de visión del perro. [7]

- **El tacto:** este es el primer sentido que empieza a desarrollar el perro. Alrededor de los ojos, como por debajo de la mandíbula, existen una serie de pelos sensibles que le permiten al perro sentir corrientes de aire o superficies calientes. Los perros utilizan el sentido del tacto para comunicarse, ya sea entre ellos, con otros animales (Figura 2.4). [5]



Figura 2.4.- Los perros reaccionan a caricias. [8]

- **El gusto:** el perro dispone de una cantidad mucho menor de papilas gustativas que el hombre. A pesar de ello, la lengua del perro puede distinguir perfectamente los sabores dulce, agrio y amargo (Figura 2.5). Los perros buscan sabores intensos o suaves al elegir su alimento, sin importarle que sea salado, dulce, amargo o agrio. Finalmente, el perro evita sabores que en el pasado le hayan causado enfermedades; es por eso que evitan ciertos alimentos. [5]



Figura 2.5.- Lengua del perro. [9]

- **El olfato:** es definitivamente el sentido más desarrollado que tiene el perro. La corteza olfativa se encuentra en mayor proporción en el cerebro del perro (Figura 2.6). Distintas investigaciones dicen que el olfato canino es 100 veces mejor que el del hombre. Dependiendo de la raza, los perros pueden llegar a tener hasta 300 millones de células olfativas, comparadas con sólo 5 millones de los humanos. Un perro puede distinguir olores a concentraciones casi 100 millones de veces inferiores que las que puede distinguir una persona. [5]

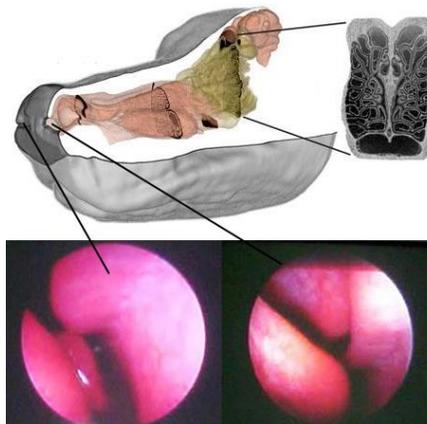


Figura 2.6.- Nariz y cerebro del perro. [10]

- **El oído:** este sentido también está muy desarrollados. El campo de frecuencias que el perro puede distinguir va de los 16 a los 60,000 [Hz], comparados con los 20 a 20,000 [Hz] que puede distinguir un humano. Además el perro puede escuchar y procesar el ruido de algún objeto mucho antes que el ser humano. El perro puede localizar el origen de un sonido en menos de $\frac{8}{100}$ [s] y pueden llegar a escuchar sonidos 4 veces más lejanos que los que escucha el hombre. [5]

La fisiología del perro define el rango que cualquiera de sus sentidos puede alcanzar. Para perros con narices alargadas, el sentido del olfato es mejor que el de perros con narices chatas; el mismo principio aplica para la forma de sus orejas o el tamaño de su cerebro.

Las diferencias fisiológicas, están dadas por las diversas aplicaciones que se les dio a los perros en todo el mundo, así como el ambiente en el cuál se desarrollaron; esto generó una gran variedad de tamaños, tipos y formas de perros, siendo necesario, generar clasificaciones para su estudio e identificación.

2.2.3.- Clasificación de los perros.

Existen muchas formas de clasificar a los perros. El tamaño, la forma, el pelaje, el peso, la herencia genética, son algunos de los factores que intervienen en la clasificación de los perros.

Uno de los criterios de clasificación de perros más reconocidos es la raza, la cual proviene de las diferencias genéticas que tienen entre ellos. Hoy en día, existen más de 400 razas de perros; cada una, con distintas características físicas. [5]

Otro criterio de clasificación es el peso o talla del perro, que también marcan una diferencia entre los perros; del más pequeño al más grande, se pueden clasificar en: pequeños, medianos, grandes y gigantes. En la tabla 2.1 se puede observar la variación de peso promedio según el sexo de algunas razas [11]:

Tabla 2.1 Variación de peso en ciertas razas.

Tamaño	Razas	Peso medio en machos [kg]	Peso medio en hembras [kg]
Pequeños	Chihuahua	2.0 ± 0.6	1.5 ± 0.4
	Yorkshire Terrier	2.6 ± 0.5	2.3 ± 0.5
	Shih Tzu	5.8 ± 1.3	5.0 ± 0.8
Medianos	Cocker Inglés	13.0 ± 2.3	11.8 ± 1.0
	Bulldog Inglés	26.0 ± 4.3	22.4 ± 3.6
	Shar Pei	24.9 ± 1.7	18.4 ± 0.6
Grandes	Golden Retriever	33.7 ± 3.4	30.4 ± 3.6
	Bóxer	33.9 ± 3.5	28.8 ± 2.4
	Pastor Alemán	35.9 ± 3.6	28.4 ± 2.7
Gigantes	Rottweiler	46.8 ± 4.8	39.7 ± 4.9
	Terranova	63.5 ± 6.2	51.1 ± 8.6
	Mastiff	87.0 ± 10.5	71.6 ± 9.2

Hoy en día, las razas más comunes son las pequeñas, medianas y grandes; sin embargo, los perros gigantes siguen siendo una opción atractiva para las personas. [12] [13]

Los cuidados para cada raza de perros son muy variados. Al adquirir un perro, se deben de considerar muchos factores, como el espacio destinado para el mismo, desparasitaciones y vacunas periódicas y sobre todo, la alimentación. Entre más grande sea un perro, el requerimiento energético es mayor por lo que es importante conocer cuál es la cantidad correcta de alimento para cada tipo de perro.

2.3.- La alimentación del perro:

Los perros, como todos los seres vivos, deben seguir una correcta alimentación para poder realizar sus actividades diarias. En general, el tamaño y la actividad física, dicta el requerimiento calórico del perro (Figura 2.7). Para conocer cómo se puede satisfacer dicho requerimiento calórico, es necesario conocer los nutrientes principales que se encuentra en todos los alimentos; a dichos nutrientes, se les conoce como macronutrientes.



Figura 2.7.- El tamaño del perro determina la dieta que debe seguir [14].

2.3.1.- Macronutrientes:

La dieta de un perro debe de cubrir sus requisitos energéticos. Para lograr lo anterior, la dieta debe de estar basada en los 3 macronutrientes esenciales; los carbohidratos, las proteínas y los lípidos.

Los carbohidratos son la fuente de energía más importante para cualquier ser vivo. Desempeñan una función importante para la estructura y el funcionamiento de los tejidos y los órganos, y son particularmente importantes para el correcto funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso. Existen distintos tipos de carbohidratos, pero en general, el contenido total de energía es de 4.15 kcal/g. [15]

Las proteínas son una fuente importante de energía para los músculos y los huesos. Contribuyen con el crecimiento del organismo. La principal fuente de proteína es la carne y los productos lácteos. Las proteínas aportan 5.65 kcal/g. [15]

Los lípidos son nutrientes cuya principal función es actuar como reserva energética y regulador térmico para el organismo, sin embargo, existen algunas vitaminas que son liposolubles, es decir, sólo pueden ser transportadas al organismo por medio de lípidos, por lo que también actúan como medio de transporte. El contenido energético de los lípidos es de 9.4 kcal/g. [15]

Conociendo el aporte energético de cada macronutriente, se puede definir la cantidad de alimento que el perro debe consumir.

2.3.2.- Cálculo de contenido energético requerido por el perro.

Así como en la mayoría de los seres vivos, el sistema digestivo de los perros no es capaz de aprovechar todo el contenido energético de los nutrientes provenientes de los alimentos. Este fenómeno fue estudiado por Wilbur Olin Atwater¹ (1844-1907), quien descubrió el porcentaje de energía aprovechable de los carbohidratos, las proteínas y los lípidos en ciertos alimentos. A la energía de cada macro nutriente afectada por los porcentajes de Atwater se le conoce como: coeficientes de Atwater.

Para el caso de alimentos secos, se tiene un aprovechamiento del 85% para los carbohidratos, 80% para las proteínas y 90% para las grasas. Los coeficientes de Atwater se muestran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2.- Energía de los macro nutrientes. (CASE, 2001)

	Carbohidratos	Proteínas	Lípidos
Energía disponible	4.15 [kcal/g]	5.65 [kcal/g]	9.4 [kcal/g]
Energía aprovechable	3.5 [kcal/g]	3.5 [kcal/g]	8.5 [kcal/g]

La energía total que el perro puede aprovechar se llama energía metabolizable (EM). Para determinar la EM que el perro debe de cubrir con el alimento, se ha desarrollado una fórmula que relaciona el peso del perro y la actividad física que desempeña. Con la siguiente ecuación (ec. 1.1) se obtiene la EM en [kcal]: [15]

$$EM = K \cdot P^x \quad (\text{ec. 1.1})$$

¹ Wilbur Olin Atwater (1844-1907) fue un químico estadounidense que estudió el metabolismo y la nutrición de los seres vivos, especializándose en los humanos. Desarrolló el Sistema de Atwater, utilizado para el cálculo de la energía disponible en los alimentos.

Donde:

EM = Energía metabolizable.

K = Factor de corrección para la actividad física del perro. Toma los siguientes valores: 99 para nula actividad física (perros sedentarios), 132 para actividad física regular (perros que salen a caminar o correr por lo menos una vez al día) y 160 para actividad física intensa (perros de competencia con entrenamiento especializado).

P = Peso del perro en kilogramos [kg].

x = Constante de ajuste para el peso corporal metabólico. En el caso de los perros, el valor recomendado es 0.67. El valor varía para otros animales.

Para determinar la cantidad de alimento que debe de comer el perro, es necesario analizar el contenido calórico (cc) del mismo. Para lograrlo, se deben de conocer los porcentajes de cada macronutriente presente en el alimento y la energía que cada uno de estos aporta (coeficientes de Atwater). La ecuación (ec. 1.2) permite conocer el cc del alimento en [kcal/g]: [15]

$$cc = \%Cr \cdot eCr + \%Pr \cdot ePr + \%Lp \cdot eLp \quad (\text{ec. 1.2})$$

Donde:

cc = Contenido calórico

$\%Cr$ = Porcentaje de carbohidratos en el alimento.

eCr = Energía que aportan los carbohidratos en [kcal/g].

$\%Pr$ = Porcentaje de proteínas en el alimento.

ePr = Energía que aportan las proteínas en [kcal/g].

$\%Lp$ = Porcentaje de lípidos en el alimento.

eLp = Energía que aportan los lípidos en [kcal/g].

Es importante mencionar que los macronutrientes no representan el 100% de nutrientes en los alimentos, sin embargo, representan más del 90%, por lo que los demás nutrientes no se toman en cuenta para el cálculo.

Conociendo el cc y la EM que se debe de cubrir, se puede determinar la cantidad de alimento que el perro debe de comer al día en gramos [g] con la siguiente ecuación (ec 1.3):

$$CA = \frac{K \cdot P^x}{cc} \quad (\text{ec. 1.3})$$

Donde:

CA = Cantidad de alimento.

$K \cdot P^x$ = Valor de (ec. 1.1)

cc = Valor de (ec. 1.2)

Finalmente, para conocer la cantidad de comida por ración, simplemente se tiene que dividir la ecuación (ec. 1.3) entre el número de raciones al día (n). La ecuación (ec. 1.4) determina la cantidad de comida que un perro debe de consumir por ración en gramos [g]:

$$CA = \frac{K \cdot P^x}{cc \cdot n} \quad (\text{ec. 1.4})$$

La cantidad de alimento al día se puede distribuir en numerosas raciones, sin embargo, el horario y el tiempo entre raciones debe de ser el adecuado para que la energía aportada por los alimentos sea la ideal. A los horarios y formas de alimentación se le conoce como dieta.

2.3.3.- Tipos de dietas:

Una dieta es un régimen que se sigue al ingerir alimentos. Existen dos tipos de dietas: la dieta *ad libitum* (a placer) y la dieta con restricciones.

En la dieta *ad libitum*, el perro tiene acceso a la comida en todo momento. Esta dieta tiene muchas desventajas ya que puede propiciar sobrealimentación o déficit de alimento, causando obesidad o anorexia. El dueño no podrá identificar si el perro se está alimentando correctamente hasta que sea evidente que tiene un trastorno alimenticio. Las dietas *ad libitum* sólo son recomendadas para perros de razas pequeñas, con la mínima actividad física y que sean capaces de controlar el impulso de comer aun cuando ya estén satisfechos, sin embargo, esto es muy difícil para la mayoría de los perros, debido a sus instintos y/o a la falta de entrenamiento.

En las dietas con restricciones, se proporciona una ración de alimento cada cierto tiempo. Se recomienda que las raciones cumplan con un horario específico y la cantidad de alimento sea suficiente como para cubrir los requerimientos calóricos del perro. El número de veces que se debe de dar de comer al día, así como la cantidad de alimento, depende de algunas características propias de cada perro, sin embargo, en general, se recomienda alimentar tres veces al día a cachorros y dos veces al día a perros adultos. Cuando un perro come una vez al día, puede desarrollar enfermedades gastrointestinales. [16]

Un perro puede seguir cualquier tipo de dieta con distintos tipos de alimentos, sin embargo, la elección del alimento es crucial para un desarrollo saludable en la vida del perro, por lo que se requiere analizar cada opción que se tiene.

2.3.4.- Tipos de alimentos para perro:

La herencia genética del perro dicta su naturaleza carnívora. Sus dientes están diseñados para desgarrar carne, sin embargo, por su larga convivencia con los seres humanos, los perros se han vuelto, hasta cierto punto, omnívoros; son capaces de comer una gran variedad de alimentos. Es por eso que se tienen muchas alternativas para alimentar a un perro. A continuación se describen algunas de ellas:

-Sobras de comida: Son las sobras o desperdicios (Figura 2.8) de la comida de los dueños del perro. Esta opción es la menos recomendable de todas, ya que los requerimientos calóricos de una persona son muy diferentes a los de un animal. Por otro lado, los huesos o sobras duras pueden causar daños severos al perro, como por ejemplo, perforar su estómago o lastimar sus dientes. A pesar de ser una opción sencilla y muy económica, a la larga puede causar complicaciones en el animal y problemas de salud.



Figura 2.8.- Sobras de comida para perro. [36]

-Comida preparada: Consiste en cocinar comida especial para el perro (Figura 2.9). Esta opción sólo es recomendable si se sabe el aporte energético de cada alimento cocinado y si la dieta está diseñada especialmente para el perro. Se debe de incluir toda la tabla de alimentos, desde carnes, granos, verduras, hasta cereales, cuidando la proporción de cada uno de ellos e investigando los alimentos que los perros no pueden procesar. Es una opción que consume mucho tiempo y que es muy cara, con respecto a otras opciones existentes.



Figura 2.9.- Comida preparada para perro [37]

-Comida húmeda: Consiste en comida, generalmente enlatada, que cuenta con un gran porcentaje de humedad (Figura 2.10). Es una opción con un alto grado de palatabilidad, es decir, es atractiva para el paladar del perro. Éste muestra gran interés al comerla, sin embargo, cuando se quiera cambiar de dieta, por ejemplo, a un alimento seco, es muy probable que el perro la rechace al momento. Es muy importante analizar si el perro se alimentará exclusivamente de productos húmedos ya que en ocasiones pueden ocasionar problemas de obesidad por su alto contenido graso y sustituirlos por alimentos con menor palatabilidad requiere de un periodo tiempo considerable para que el perro acepte y se adapte al nuevo alimento. Finalmente, la comida enlatada puede representar un costo significativo para algunas familias, ya que, si bien es una opción más económica que la comida preparada, sigue teniendo un mayor costo que otras opciones en el mercado.



Figura 2.10.- Comida húmeda [38]

-Comida seca (croquetas): Es la opción con más ventajas de todas. Las croquetas (Figura 2.11) están diseñadas para cubrir en su totalidad, las necesidades energéticas de los perros de compañía. Existen productos especializados en cachorros, adultos, alto rendimiento o lactantes. En su elaboración, se incluyen cereales, carne, vegetales y granos por lo que se cubren los grupos de la pirámide alimentaria. Adicionalmente, se incluyen suplementos vitamínicos y minerales que ayudan al desarrollo óptimo del perro. Las croquetas se pueden almacenar por un gran tiempo; su fecha de caducidad es muy amplia y no requieren de cuidados especializados. Por otro lado, las croquetas contribuyen en

la salud bucal del perro ya que ayudan a evitar el sarro y las caries, y al ser trituradas, fortalece sus dientes. La desventaja de las croquetas es su limitada palatabilidad y que es un alimento monótono, sin embargo, alimentos de buena calidad y con buenos ingredientes tienen una buena palatabilidad y algunos dueños combinan, de vez en cuando, comida seca con comida enlatada a manera de premio. Finalmente, las croquetas son el alimento más recomendado para alimentar a un perro ya que, con respecto a las demás alternativas, son una opción económica, limpia y con una buena disponibilidad y diversidad en el mercado. [15]



Figura 2.11.- Croquetas [39]

Por ser la opción más recomendada, existen muchas marcas de croquetas en el mercado. Elegir una marca de croquetas es importante para la alimentación del perro ya que será su alimento durante varios días, semanas o meses y los beneficios o desventajas de la marca serán, en cierta medida, responsables del estado de salud del perro.

2.3.5.- Croquetas comerciales.

Hoy en día, existen muchas marcas de croquetas para perro. Sus ventajas derivan en una gran demanda por parte de los clientes y el mercado ha respondido con croquetas para todo tipo de perros: cachorros, adultos, edad avanzada, alto rendimiento, etc.

En las tiendas de autoservicio en México, se puedan encontrar las siguientes marcas (Tabla 2.3):

Tabla 2.3.- Tabla de marcas comerciales de la Ciudad de México.

Edad Perro	Marca Alimento	%Prot	%Lip	%Humedad	%Fibra	%Carb
Adulto	Purina Mainstay®	16	6	12	6	55
Adulto	Pedigree Vital Senior®	21	6	12	4	52
Adulto	Campeon Recetas Caseras®	19	7.5	12	5	51.5
Adulto	Pedigree Vital Adulto®	21	8	12	4	50
Adulto	Beneful Original®	25	10	14	4	42
Adulto	Top Choice Adulto y Cachorro®	19	9	12	5	50
Adulto	Dog Chow Hogareño®	22	9	12	4	48
Cachorro	Campeon Cachorro®	25	9	12	4	45
Adulto	Ganador Dos sabores®	21	9	11	5	49
Adulto	Ganador Adulto®	21	9	11	5	49
Adulto	Dog Chow digestión sana Roja®	21	10	12	4	48
Cachorro	Dog Chow Cachorro®	26	10	12	3.5	43.5
Adulto	Beneful Salud Radiante®	25	12	14	4	40
Cachorro	Beneful Cachorro Saludable®	27	12	14	4	38
Cachorro	Ganador Cachorro®	27	10	11	4	43
Adulto	Pedigree Balance Natural®	21	11	12	3.5	47.5
Cachorro	Pedigree Vital Cachorro®	27	11	12	3	42
Adulto	Pedigree Vital Razas pequeñas®	23	12	12	5	43
Adulto	Dog Chow digestión sana®	23	12	12	4	44
Adulto	Perfec Fit Hogareño®	24	14	12	4	41
Adulto	Perfec Fit Activo®	25	14	12	4	40
Adulto	Ganador Premium®	23	13	10	3.5	45.5

Cada marca de croquetas tiene distintos valores de contenido calórico, sin embargo, las empresas deben de cumplir con los estándares de calidad establecidos por la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) y la AFFCO (*Association of American Feed Control Officials*), entre otros organismos e instituciones. Por otro lado, el contenido calórico de cada marca es, en promedio, el mismo, sin importar si la marca está enfocada a cachorros o a adultos.

El incremento de la popularidad de los perros ha provocado que el mercado tenga muchas opciones en cuanto a la alimentación de los perros; además, se han desarrollado accesorios y herramientas para facilitar la vida de los dueños, como son, los dispensadores de croquetas.

2.4 Dispensadores de Croquetas.

En los últimos años, el mercado de las mascotas se ha desarrollado mucho [17]. Cada vez existen más productos para mascotas y por ende, más tiendas dispuestos a venderlos. Las personas se preocupan cada vez más por la salud y la comodidad de sus perros.

Existen distintos tipos de productos enfocados en la alimentación de los perros. El dispositivo más común es el dispensador por gravedad (figura 2.12), que, como su nombre lo indica, utiliza el principio de gravedad para alimentar a un perro. En este dispensador, se almacena comida en un contenedor y ésta cae a un plato para que el perro coma; a medida que el perro come, cae más comida, por lo que estos dispensadores promueven una dieta *ad libitum* (descrita anteriormente), y por ende, todas las enfermedades que ésta puede ocasionar, como son: obesidad, anorexia y otros trastornos alimenticios.

Existen muchos modelos de dispensadores por gravedad, sin embargo, los más comunes tienen capacidades muy reducidas, (de entre 1.5 a 3 [kg] de comida). No es necesario conectarlos a la corriente eléctrica y pueden ser transportados fácilmente. Los dispensadores por gravedad pueden comprarse en muchas tiendas de mascotas y autoservicio y en general su disponibilidad es accesible en cualquier tienda.



Figura 2.12.- Dispensador por gravedad [21]

Otro tipo de dispensadores son los automáticos, cuyo propósito es facilitar al usuario la tarea de alimentar al perro por medio de instrucciones y acciones automáticas.

En el 2013, *Animal Planet* lanzó al mercado un dispensador automático, (figura 2.13), en el cual, se pueden programar el horario de comida y la cantidad de veces al día para dispensarla. Su capacidad de almacenaje es de alrededor de 4 [kg] de croquetas; funciona con 3 pilas tipo D de 1.5 [v] o al conectarse a la corriente eléctrica.

El dispensador requiere que el dueño conozca la cantidad necesaria para alimentar al perro. Por otro lado, el contenedor se debe de llenar constantemente en caso de perros grandes, ya que ellos pueden llegar a ingerir hasta un kilogramo de comida al día. Finalmente, su disponibilidad es accesible ya que se puede conseguir en tiendas departamentales en México. [18]



Figura 2.13.- Dispensador automático Albatros [21]

Otro modelo de dispensador automático es manufacturado por la empresa Crestuff (Figura 2.14). Este dispensador cuenta con una capacidad de 10.6 litros y se puede programar el horario y la cantidad de croquetas que el usuario determine; sin embargo, al igual que el dispensador Albatros, el usuario debe de conocer con anterioridad la cantidad de croquetas que se debe dispensar. El dispensador trabaja con 4 pilas tipo D de 1.5 [v], sin embargo, no es posible conectarlo a la corriente eléctrica, por lo que el monitoreo del estado de la batería es importante. No es posible comprarlo directamente en tiendas, por lo que es necesario ordenarlo vía Internet. [19]



Figura 2.14.- Dispensador automático Crestuff [21]

Finalmente, se tienen dispensadores automáticos radiales, que alimentan al perro con hasta seis comidas (Figura 2.15). Este dispensador cuenta con una tapa que gira radialmente para descubrir cada una de las comidas en la hora que el usuario lo haya programado. Su principal desventaja es que el usuario no puede programar la cantidad de alimento presente en el dispositivo y si su perro come más de una vez al día, se tendría que rellenar constantemente. En total, la capacidad de almacenamiento es de 1 [kg], por lo que sólo está enfocado a perros pequeños. Este dispensador funciona con una batería de 9 [v] y en cuanto esta se remueva, todos los datos ingresados se pierden. [20]



Figura 2.15.- Dispensador radial de 6 comidas. [21]

Existen muchos tipos de dispensadores, sin embargo, también hay muchas áreas de oportunidad. Los dispensadores por gravedad pueden ocasionar enfermedades a los perros. Los dispensadores automáticos requieren que el dueño conozca la cantidad de alimento que su perro necesita. Por otro lado, la programación del dispensador se lleva a cabo por medio de botones en el dispensador; que son susceptibles a fallas por estar en contacto con los residuos de croquetas y con el perro. Finalmente, ningún dispensador cuenta con sistemas de identificación, permitiendo a cualquier perro u otro tipo de animal, alimentarse de la comida destinada para un perro en específico.

En el presente trabajo de tesis, se propone el desarrollo de un proyecto que satisfaga las necesidades de los clientes, que tome en cuenta los requisitos nutricionales del perro y que cubra las áreas de oportunidad presentadas. Para lograr lo anterior, se propone seguir un proceso de diseño, definiendo agentes de diseño, necesidades, especificaciones y sistemas; posteriormente, se implementan los sistemas físicamente y se realizan pruebas funcionales.



3. Diseño.

En este capítulo se describen los agentes de diseño, las necesidades y especificaciones del proyecto, que permitirán determinar los elementos necesarios para cumplir con los objetivos. Por otro lado, se secciona el proyecto en sistemas, se buscan soluciones para cada uno y se define la mejor configuración de soluciones que los satisfagan.

3.1 Agentes de diseño

Los agentes de diseño, también conocidos como *stakeholders*, son todos los factores que influyen directa o indirectamente en el proceso de diseño y finalmente, en el modelo final. Los agentes de diseño provienen de la investigación para definir los antecedentes del proyecto, así como de encuestas, estadísticas y el estado del arte. [22]

En este proyecto, se tienen cuatro agentes de diseño; cada uno con distintos sub-agentes. A continuación se enlistan todos ellos:

I.- El perro: El perro, como se menciona en el Capítulo Dos, es la mascota más común en México. Es más popular sobre animales como el gato o los peces. Los sub-agentes de diseño generados a partir del perro son:

a).- La nutrición canina.- Los perros deben de satisfacer sus necesidades energéticas por medio de la alimentación; el contenido energético de la ración de alimento al día debe de ser el suficiente para que el perro lleve a cabo todas sus actividades y no debe de excederse, para evitar problemas de sobrepeso. Por otra parte, es importante, para evitar enfermedades gastrointestinales, definir una dieta de restricciones para el perro, con horarios establecidos; por el contrario del gato, que sigue una dieta *ad-libitum*.

b).- Los sentidos del perro.- Cuando se alimenta a un perro, se estimulan sus sentidos, para darle a entender que la comida está lista. Ya sea hablando, enseñando un plato de comida o con algún sonido, los dueños avisan a sus perros que es momento de comer. Para el caso de los perros, emitir un sonido es la mejor opción ya que es un sentido mejor desarrollado que el de la vista.

c).- Las razas más comunes.- Hoy en día, las personas prefieren perros pequeños o medianos, sin embargo, los perros grandes siguen siendo una opción muy atractiva para las personas. Son pocas las personas que prefieren razas gigantes, como el Gran Danés o el San Bernardo.

d).- Perros dominantes.- Cuando una persona tiene más de un perro, es muy probable que uno de ellos sea el perro dominante. Los perros dominantes pueden llegar a comer el alimento del perro o perros dominados si es que no existe una supervisión por parte del dueño.

II.- Croquetas: Las croquetas son la opción que presenta más ventajas sobre las demás alternativas de alimentación. Los sub-agentes relacionados con las croquetas son:

a).- Geometría de las croquetas.- Existen muchas marcas y tipos de croquetas, cada una con tamaños y geometrías distintos.

b).- Contenido calórico de las croquetas.- Cada marca y tipo de croquetas tiene distintos valores de contenido de porcentaje de carbohidratos, proteínas y lípidos; el análisis de cada marca es importante para determinar la cantidad de alimento.

III.- Dueño: El dueño es aquella persona que se ocupa de todos los cuidados del perro, entre ellos, la alimentación. Los sub-agentes de diseño asociados con el dueño son:

a).- Las actividades del dueño.- Los dueños de perros, generalmente, tienen actividades que complican los horarios de alimentación de sus perros; esto puede provocar una serie de complicaciones para el perro, como se menciona en el Capítulo Dos.

b).- Ignorancia del dueño.- La mayoría de las personas no saben la cantidad necesaria de croquetas que su perro debe comer. Son pocas las personas que visitan al veterinario y conocen la cantidad exacta de croquetas, sin embargo, el peso de los perros varía conforme crecen y por ende, la cantidad de croquetas también.

IV.- Mercado de dispensadores: Existe una gran variedad de dispensadores para croquetas; muchos de ellos presentan áreas de oportunidad, en donde se puede innovar o mejorar sus características, como son, la cantidad necesaria de croquetas dispensadas o la identificación del perro a alimentar.

Una vez definidos los agentes de diseño, se realiza un análisis para determinar las necesidades y especificaciones del proyecto.

3.2 Necesidades

Las necesidades, como su nombre lo indica, son todos los elementos imprescindibles del proyecto, es decir, los elementos sin los cuales, el proyecto no podría funcionar correctamente. Generalmente, las necesidades surgen a partir de la información que da un cliente, entendiéndose como cliente, cualquier persona que está dispuesta a pagar por un bien o servicio; sin embargo, aunque el proyecto tiene alcances comerciales, para esta etapa del proyecto, no existe un cliente en particular, por lo que las necesidades están definidas por los objetivos particulares de los diseñadores.

Para cumplir con los objetivos particulares y definir las necesidades del proyecto, es necesario realizar un análisis de los agentes de diseño. Posteriormente, se interpreta la información obtenida y se generan las necesidades, que a continuación se enlistan:

- 1.- El dispensador está diseñado para alimentar perros.
- 2.- El dispensador alimenta al perro en el horario establecido por el dueño.
- 3.- El dispensador estimula alguno de los dos sentidos más importantes del perro para hacerle saber que el alimento está listo.
- 4.- El dispensador alimenta a perros de raza pequeña, mediana y grande.
- 5.- El dispensador sólo alimenta al perro asociado con el mismo.
- 6.- El dispensador dosifica croquetas.
- 7.- El dispensador toma en cuenta los distintos tamaños de croquetas existentes.
- 8.- El dispensador ayuda al usuario a conocer cuál es la cantidad de croquetas requerida por el perro.
- 9.- El rellenado del dispensador no representa un sacrificio significativo de tiempo para el dueño.

10.- El dispensador se usa en casas, departamentos o distintos edificios por una gran variedad de personas.

Las necesidades interpretadas se ordenan en orden jerárquico, identificando a la necesidad con mayor importancia con el número uno y a la de menor importancia con el número nueve.

En la tabla 3.1 se muestra el número de jerarquía asignado y el agente de diseño relacionado con la necesidad.

Tabla 3.1.- Necesidades interpretadas.

Necesidad	Id	Agente de diseño relacionado	Jerarquía
El dispensador está diseñado para alimentar perros.	N1	El perro.	1
El dispensador alimenta al perro en el horario establecido por el dueño.	N2	Nutrición canina.	4
El dispensador estimula alguno de los dos sentidos más importantes del perro para hacerle saber que el alimento está listo.	N3	Sentidos del perro.	5
El dispensador alimenta a perros de raza pequeña, mediana y grande.	N4	Razas más comunes.	6
El dispensador sólo alimenta al perro asociado con el mismo.	N5	Perros dominantes. Mercado de dispensadores	9
El dispensador dosifica croquetas.	N6	Croquetas. Nutrición canina.	2
El dispensador toma en cuenta los distintos tamaños de croquetas existentes.	N7	Geometría de croquetas.	7
El dispensador ayuda al usuario a conocer cuál es la cantidad de croquetas requerida por el perro.	N8	Ignorancia del dueño. Mercado de dispensadores	3
El rellenado del dispensador no representa un sacrificio de tiempo para el dueño.	N9	Actividades del dueño. Mercado de dispensadores	8
El dispensador se usa en casas, departamentos y distintos edificios por una gran variedad de personas.	N10	Dueño.	10

El orden jerárquico de las necesidades representa la importancia que tomarán en el proceso de diseño; dicho orden, se basa en el tiempo que se tiene para completar el proyecto, así como las prioridades o intereses particulares de los diseñadores.

Una vez establecidas las necesidades, es importante generar las especificaciones, ya que permitirán elegir las soluciones óptimas para los sistemas del dispensador.

3.3.- Especificaciones

Las especificaciones son todas las características cuantificables del proyecto, por lo que para describirlas, es necesario conocer el intervalo y la métrica que las describen.

Las especificaciones surgen a partir de las necesidades. El diseñador convierte cada necesidad del cliente o del agente de diseño en un elemento medible y cuantificable.

En la Tabla 3.2, se muestran las especificaciones más importantes del dispensador:

Tabla 3.2.- Especificaciones del dispensador

Nombre	Descripción	Unidad	Intervalo	ID	Relación Necesidad
Talla del perro	Tipos de perros a los cuales está dirigido el dispensador.	[kg]	2-10 (chicos) 10-30 (medianos) 30-45 (grandes)	E1	N1 N4
Dimensión de croquetas (diámetro)	Tipos de croquetas que puede dosificar el dispensador.	[cm]	<1.5	E2	N1 N4 N6 N7
Croquetas dosificadas	Cantidad de croquetas que el dispensador dosifica.	[gr]	16-560	E3	N1 N6 N7
Contenedor de croquetas	Capacidad en peso del almacén donde se depositan las croquetas.	[Kg]	0-5.5	E4	N1 N4 N6 N7 N9
Dimensiones del dispensador	Espacio ocupado por el dispensador.	[cm]	>40x40x70	E5	N10
Peso del dispensador	Peso máximo del dispensador.	[Kg]	7 (sin alimento) 14 (con alimento)	E6	N10
Volumen del contenedor	Capacidad en volumen del contenedor de croquetas.	[cm ³]	10,000-11,000	E7	N1 N6 N7 N9
Frecuencia de alarma	Frecuencia de la alarma de aviso.	[Hz]	<4000	E8	N1 N2 N3 N10
Potencia de sonido	Potencia de la alarma de aviso.	[dB]	70-80	E9	N1 N2 N3 N10
Corriente eléctrica	Voltaje con el cuál el dispensador trabaja. (CD)	[v]	3-5	E10	N10
Horario	Horario que el usuario podrá elegir.	[h], [min]	0-23 0-50 (saltos de 10 minutos)	E11	N2
Perros alimentados	Cantidad de perros que se alimentan por dispensador	[perro]	1	E12	N5
Usuarios	Tipos de personas que pueden utilizar el dispensador	El dispensador puede ser utilizado por personas de 15 años en adelante, con la fuerza suficiente para moverlo.		E13	N8 N10

Una vez definidas las especificaciones, se pueden determinar los sistemas que constituyen al dispensador y que satisfagan a las especificaciones y por lo tanto a las necesidades.

3.4.- Sistematización.

Un sistema es un conjunto de elementos ordenados que se relacionan e interactúan entre sí y que tienen un fin común.

Para el desarrollo del dispensador se considera un enfoque sistémico, en el cual, se divide el sistema completo en subsistemas y se busca la mejor solución para cada uno de ellos.

El primer paso para seccionar el proyecto es el diagrama de caja negra, también conocido como diagrama de entradas y salidas, el cual es una herramienta con la cual se definen las entradas y las salidas esperadas sin considerar el proceso para obtenerlas.

3.4.1.- Diagrama de caja negra.

Un diagrama de caja negra es una herramienta de diseño que permite definir las salidas esperadas partiendo sólo de entradas conocidas. En el caso del dispensador, las entradas conocidas son las croquetas, los datos o parámetros del perro y la energía que alimentará al dispositivo. Las salidas esperadas, son la alarma de aviso y las croquetas dosificadas. En la figura 3.1 se esquematiza el diagrama de caja negra.



Figura 3.1.- Diagrama de caja negra

Al definirse las salidas esperadas, se trabaja en cómo serán transformadas las entradas para generar las salidas, dentro de la caja negra. Para lograr lo anterior, se definen los subsistemas funcionales que componen al dispensador.

3.4.2 Subsistemas funcionales.

La partición del sistema total en pequeños subsistemas permite, a los diseñadores, enfocarse a sólo una sección del proyecto a la vez. Los subsistemas generan la transformación de las entradas a las salidas esperadas.

A continuación se enlista cada uno de los subsistemas propuestos con una breve descripción:

a).- Sistema de energía: Se encarga de transformar y acoplar la energía para que ésta sea aprovechable para cada uno de los elementos constituyentes del dispensador, como son actuadores, circuitos eléctricos y circuitos electrónicos.

b).- Sistema de almacenamiento: Permite la disposición de croquetas para después dosificarlas.

c).- Sistema de dosificación: Permite la entrega de cantidades definidas de croquetas al recipiente del perro.

d).- Sistema de manipulación de alimento: Es la forma en la que el alimento estará a disposición del perro.

e).- Sistema de alarma: Permite conocer si el alimento ha sido dispensado.

f).- Sistema de interfaz: Permite la interacción entre el usuario y el dispensador.

g).-Sistema de control: Activa los elementos electrónicos del dispensador y permite programarlo a través del sistema de interfaz.

h).- Sistema de reconocimiento del perro: Permite reconocer al perro indicado por el usuario.

Cada uno de los subsistemas trabaja en conjunto para cumplir con el objetivo del sistema total y así como el diagrama de caja negra, también existe el diagrama de interacción de subsistemas, que muestra dicho trabajo en conjunto.

3.4.3.- Diagrama de interacción de sistemas.

En el diagrama de interacción de sistemas, se muestra como los subsistemas se relacionan entre sí para generar las salidas deseadas. En la figura 3.2 se muestra la interacción de todos los sistemas propuestos.

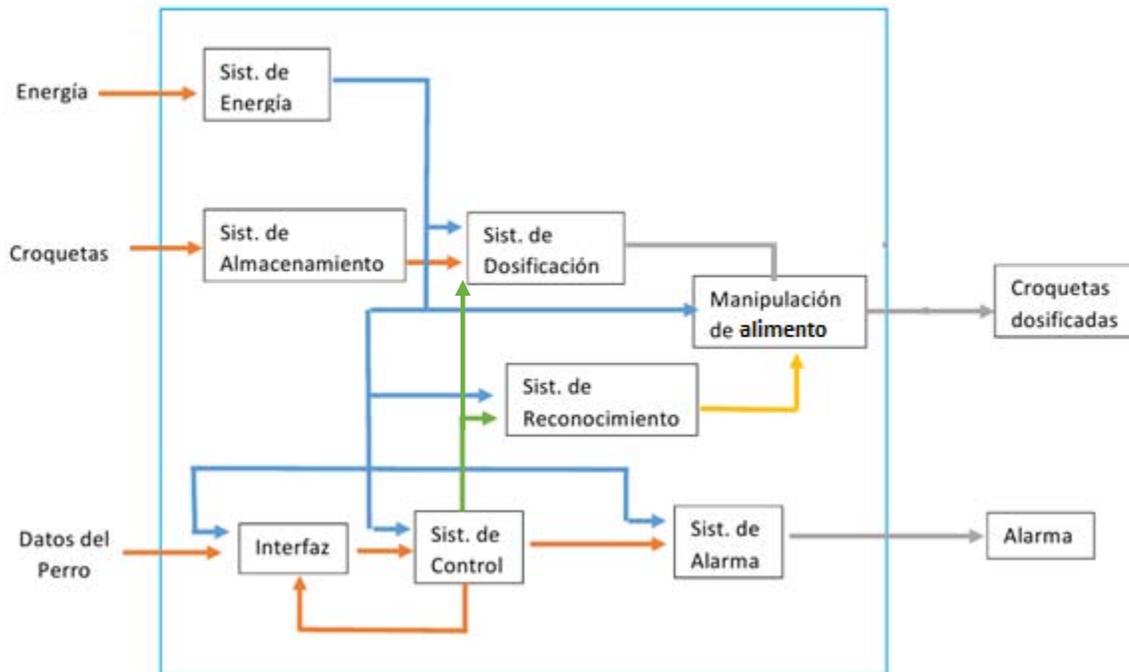


Figura 3.2.- Diagrama de interacción de subsistemas

Tomando el diagrama anterior como apoyo, se puede realizar el siguiente análisis:

a).- Sistema de energía:

Entrada: Energía.

Salida: Sistema de dosificación, manipulación del alimento, sistema de reconocimiento, sistema de control, sistema de alarma, interfaz.

Función: El sistema de energía transforma la energía de entrada en energía aprovechable para todos los elementos del dispensador, como son actuadores, circuitos electrónicos o elementos eléctricos.

b).- Sistema de almacenamiento

Entrada: Croquetas.

Salida: Sistema de dosificación.

Funcionamiento: El sistema de almacenamiento permite recibir las croquetas y guardarlas. Cuando se activa el dispensador, algunas croquetas se envían al sistema de dosificación y el resto quedan almacenadas.

c).- Sistema de dosificación

Entrada: Sistema de almacenamiento, sistema de energía, sistema de control.

Salida: Sistema de manipulación del alimento.

Funcionamiento: Cuando la hora señalada por el dueño se cumple, el dispensador se activa y las croquetas provenientes del sistema de almacenamiento se reparten en pequeñas cantidades; el proceso se repite las veces necesarias para que se dosifique el alimento requerido por el perro, de acuerdo al sistema de control. Las croquetas ya dispensadas se almacenan en el sistema de manipulación de alimento.

d).- Sistema de manipulación de alimento

Entrada: Sistema de dosificación, sistema de reconocimiento, sistema de energía.

Salida: Croquetas dosificadas.

Funcionamiento: Cuando el sistema de reconocimiento se activa, el sistema de manipulación de alimento permite que las croquetas dispensadas salgan del dispensador y estén a disposición del perro.

e).- Sistema de alarma

Entrada: Sistema de control, sistema de energía.

Salida: Alarma.

Funcionamiento: Cuando el sistema de control recibe la señal de finalización del proceso de dosificación, activa el sistema de alarma, que genera una alarma adecuada para que tanto el dueño, como el perro, la escuchen.

f).- Sistema de interfaz

Entrada: Datos del perro, sistema de energía, sistema de control.

Salida: Sistema de control.

Funcionamiento: El sistema de interfaz tiene dos secciones:

La primera sección es la interfaz que recibe los datos del perro; en ella, el usuario puede introducir los datos necesarios del perro para el cálculo de croquetas necesarias. La cantidad de croquetas en gramos es mostrada al usuario. Por otro lado, el usuario también puede definir los horarios para alimentar a su perro.

La segunda sección es la interfaz que permite al usuario conocer la hora del dispensador para así saber si la hora de alimentación es próxima.

g).-Sistema de control

Entrada: Sistema de energía, sistema de interfaz, sistema de dosificación.

Salida: Sistema de reconocimiento, sistema de interfaz, sistema de dosificación.

Funcionamiento: Los datos del perro, así como el horario de alimentación se guardan en el sistema de control, para así activar los elementos propios del dispensador cuando se requiera. Por otro lado, el sistema de control se encarga del funcionamiento de un reloj en tiempo real, el cuál será comparado con el horario de alimentación definido por el dueño para activar el sistema de dosificación. Finalmente, el sistema de control activará el sistema de reconocimiento cuando el perro esté presente.

h).- Sistema de reconocimiento del perro

Entrada: Sistema de control.

Salida: Sistema de manipulación del recipiente.

Funcionamiento: El sistema de control manda la señal de activación del sistema de reconocimiento; si el perro presente es el asociado al dispensador, entonces mandará una señal de activación al sistema de manipulación de recipiente, de lo contrario, no mandará ninguna señal y el alimento no estará disponible.

Una vez definidas las interacciones que tendrán los sistemas, se buscan o proponen soluciones para cada uno de ellos por separado y después, de forma conjunta.

3.5.- Propuestas de solución para los subsistemas.

Para cada uno de los subsistemas, se propone un grupo de soluciones posibles. Las soluciones provienen de los conocimientos y la experiencia de los diseñadores, así como de investigaciones y estado del arte de la tecnología a implementar.

A continuación se enlistan las soluciones para cada subsistema y se describen brevemente las ventajas y desventajas que presentan:

Soluciones para el sistema de energía

Energía eléctrica (fuente de voltaje)

- Ventajas: La energía eléctrica tiene una alta disponibilidad en comparación a otro tipo de energías. Tomando en cuenta todos los factores, como son tiempo, instalación y disponibilidad, tiene un bajo costo en las tiendas visitadas, frente a los demás tipos de energía. Finalmente, los circuitos y la mayoría de los actuadores funcionan con energía eléctrica por lo que no se requiere una transformación de energía previamente².
- Desventajas: Cuando hay una falla en el suministro de energía eléctrica, el dispositivo deja de funcionar.

Energía química (baterías)

- Ventajas: La energía proveniente de baterías permite que el dispositivo sea portátil y no dependa de la red eléctrica. Por otro lado, el riesgo de un corto circuito se reduce a comparación de la energía eléctrica.

² Se entiende como transformación de energía a la transformación que sufre cualquier tipo de energía en energía eléctrica, por ejemplo, transformación de energía mecánica a eléctrica por medio de un generador.

- Desventajas: El uso de baterías requiere de remplazos constantes debido a la demanda de corriente del dispensador, lo que pueden traducirse en un alto costo, comparado con otro tipo de energías, y además de contribuir en la generación de contaminación ambiental.

Energía solar

- Ventajas: Es una opción con un bajo costo (sin contar la instalación de alguna celda solar) comparado con otras energías y en caso de que el dispensador se encuentre en un lugar con Sol abundante, tiene una gran disponibilidad.
- Desventajas: El precio de una celda solar con la capacidad que requiere el dispensador puede elevar el costo del mismo. Por otro lado, si el clima no es el adecuado o el dispensador está localizado en el interior del edificio, ésta opción resulta inconveniente.

Energía neumática

- Ventajas: La energía neumática puede activar actuadores muy poderosos, como son, pistones neumáticos. Es una opción muy limpia de energía.
- Desventajas: Para utilizar energía neumática, es necesario un compresor, que ocupa espacio e incrementa el costo del dispensador; también es necesario un contenedor de aire comprimido, que sin los cuidados necesarios puede llegar a ser peligroso.

Soluciones para el sistema de almacenamiento

Contenedor de metal

- Ventajas: El contenedor de metal es resistente a golpes y existen algunos metales que pueden utilizarse para almacenar comida sin algún tipo de problema, como son el aluminio con tratamientos especiales o el acero inoxidable.
- Desventajas: El contenedor de metal tiene un precio elevado con respecto a otros tipos de contenedor, por otro lado, sus propiedades físicas, como el

peso o la alta conducción de calor, pueden ocasionar problemas con el uso constante del dispensador.

Bolsa de tela o papel

- Ventajas: Es una opción muy accesible y con un bajo costo en comparación a las demás opciones de contenedor. Por otro lado, son materiales ligeros y que se pueden transportar fácilmente.
- Desventajas: La tela o el papel son materiales que pueden desgarrarse fácilmente con el uso del dispensador y presentan fallas a altas temperaturas. Por otro lado, la tela puede propiciar la generación de plagas o pestes.

Contenedor de plástico

- Ventajas: Los contenedores de plástico tienen una gran disponibilidad y un bajo costo a comparación de otro tipo de contenedores. Muchos plásticos son de grado alimenticio, es decir, que pueden estar en contacto con los alimentos y no generan problemas de salud. Finalmente, el peso de los contenedores de plástico es menor que otros tipos de materiales, como por ejemplo, el acero, por lo que puede ser trasladado fácilmente.
- Desventajas: Algunos contenedores de plástico son poco resistentes a golpes y a altas temperaturas.

Contenedor cerámico

- Ventajas: Los contenedores cerámicos son resistentes a altas temperaturas y pueden soportar el peso de las croquetas sin riesgo a sufrir fisuras o romperse.
- Desventajas: El peso del contenedor cerámico puede resultar incómodo para el usuario ya que aumenta el peso del dispensador. Por otro lado, sin un tratamiento adecuado, los materiales cerámicos pueden desprender partículas no deseables en el alimento del perro. Finalmente, si no se tienen los cuidados necesarios, puede sufrir golpes y romperse.

Soluciones para el sistema de dosificación

Paletas tipo molino horizontal

- Ventajas: El espacio entre las paletas es siempre constante, por lo que se tendrá una dosificación de croquetas uniforme con pequeñas variaciones.
- Desventajas: Existe la probabilidad de que las paletas se atoren con las croquetas por lo que se necesita un motor potente para que las paletas giren sin problema. La posición del motor debe de ser exacta para que las croquetas se dispensen adecuadamente.

Paletas tipo molino vertical.

- Ventajas: Al igual que las paletas tipo molino horizontal, éstas presentan una cavidad constante y una dosificación uniforme. Con la configuración vertical, se reduce la probabilidad de que las paletas se atoren con las croquetas, ya que influye en cierta medida la fuerza de gravedad.
- Desventajas: A pesar de que la probabilidad de que las paletas se atoren se reduce, con respecto a la configuración vertical, todavía pueden atorarse, por lo que también se requiere un motor potente.

Pistón neumático.

- Ventajas: Los pistones neumáticos cuentan con una mayor fuerza a comparación de los motores de corriente directa, utilizados para mover las paletas tipo molino, por lo que se reduce en gran medida la probabilidad de que las croquetas se atoren.
- Desventajas: La instalación requerida para utilizar un pistón neumático eleva mucho el costo del dispensador, comparado con los requerimientos para utilizar un motor de corriente directa.

Elemento oscilante (Vibrador)

- Ventajas: Con un dispositivo que genere vibraciones, las croquetas pueden dispensarse sin riesgos a que queden atoradas.

- Desventajas: Con un elemento oscilante no se asegura una dosificación exacta y precisa por lo que se tendrán distintos gramajes por cada porción de alimento.

Soluciones para le manipulador de alimento

Bandeja con movimiento vertical (Figura 3.3)

- Ventajas: Se asegura que las croquetas se dosifiquen siempre en el plato donde come el perro, ya que éste es parte del sistema. La bandeja, al estar a nivel de suelo, cuenta con un apoyo, que es importante al momento cuando el perro ejerce fuerza sobre el plato.
- Desventajas: Se requiere un mecanismo lo suficientemente potente para mantener el plato en la posición óptima mientras se dispensan las croquetas y hasta que el perro esté presente para alimentarse. Finalmente, en caso de perros grandes, la posición que deben de adaptar para alimentarse puede ser incómoda al tener sólo un espacio delimitado por el plato y el dispensador.

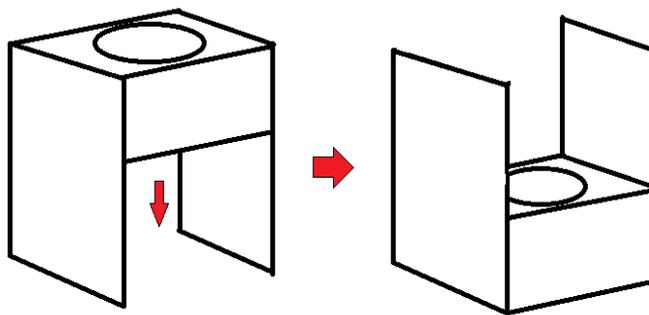


Figura 3.3.-Ejemplo bandeja vertical [23]

Bandeja con movimiento horizontal (Figura 3.4)

- Ventajas: Esta opción presenta las mismas ventajas que la bandeja con movimiento vertical. Por otro lado, la altura del dispensador se reduce al elegir esta opción sobre la bandeja con movimiento vertical.
- Desventajas: Se requiere un mecanismo lo suficientemente potente para trasladar la bandeja con el plato lleno. Por otro lado, el perro puede estropear la bandeja o el mecanismo propulsor.

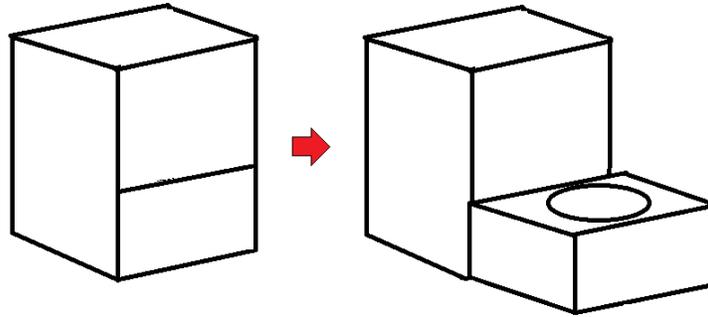


Figura 3.4.-Ejemplo bandeja horizontal [23]

Péndulo (Figura 3.5)

- Ventajas: Se asegura que el alimento siempre se dispensará en el plato del perro. La altura del dispensador se reduce con respecto a la bandeja vertical pero es mayor con respecto a la bandeja horizontal.
- Desventajas: Esta opción requiere de un control exacto de movimiento. Por otro lado, el mecanismo debe de ser lo suficientemente potente para mantener el plato en la posición óptima para que las croquetas se dispensen y para trasladarlo a la posición donde el perro se alimentará.

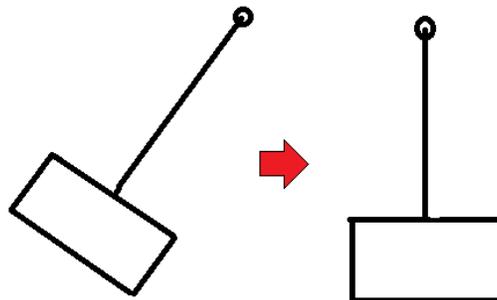


Figura 3.5.-Ejemplo bandeja tipo péndulo [23]

Plano inclinado con compuerta (plato presencial)

- Ventajas: Al mover sólo una compuerta, no es necesario contar con un mecanismo potente, comparado con las opciones anteriores y a diferencia de ellas, no se necesita un control de posición tan complejo.
- Desventajas: No se garantiza que las croquetas se dispensen en el plato del perro ya que éste no es parte del sistema.

Soluciones para el sistema de alarma

Bocina

- Ventajas: El usuario puede elegir cualquier archivo de sonido para reproducirse e incluso grabar un mensaje para el perro.
- Desventajas: Es necesario el uso de una memoria para el archivo de audio. En el caso de que se quiera grabar algún mensaje, se debe implementar un micrófono.

Campana

- Ventajas: Tiene un sonido agradable.
- Desventajas: La implementación de la campana accionada mediante algún dispositivo eléctrico es más compleja comparada con el zumbador eléctrico.

Zumbador eléctrico

- Ventajas: Su implementación es más sencilla a comparación de las opciones anteriores. Existe una gran disponibilidad en el mercado.
- Desventajas: El sonido es monótono y puede llegar a ser molesto para algunas personas; no es posible personalizarlo.

Soluciones para la interfaz

Pantalla LCD

- Ventajas: Es posible mostrar mensajes alfanuméricos que permitan al usuario conocer el estado del dispensador en cualquier momento
- Desventajas: El espacio es limitado, dependiendo del modelo de pantalla que se utilice. Es una opción más costosa comparada con otras opciones descritas a continuación.

Botones:

- Ventajas: El costo de los botones es inferior al de todas las demás opciones presentadas. La implementación de los botones es más sencilla a comparación de las demás alternativas.
- Desventajas: Para la programación de todas las funciones del dispensador, es necesario tener más de 4 botones, por lo que es posible que el usuario se confunda al momento de programarlo. Por otro lado, no se tienen indicadores sobre el estado del dispensador, generando aún más confusión para el usuario.

Dispositivo móvil (Aplicación móvil)

- Ventajas: Una aplicación móvil permite generar una mejor comunicación con el usuario, a comparación de los botones o una pantalla LCD. El uso de un dispositivo móvil para un dispensador de croquetas es un elemento innovador y es posible que aumente el atractivo del dispensador, al ser elegido por el usuario.
- Desventajas: El tiempo para programar e implementar una aplicación móvil es mayor al tiempo para implementar una pantalla LCD o botones. Así mismo, el uso de un dispositivo móvil es más costoso que el de las opciones antes mencionadas y algunas personas no cuentan con dichos dispositivos, reduciendo el campo de usuarios potenciales. Por otro lado, al programar la aplicación es necesario tener en cuenta los distintos tipos de sistemas operativos para dispositivos móviles. Finalmente, para la programación de la aplicación, es necesario conocer un software especializado, así como la forma de instalarla en el dispositivo.

Computadora

- Ventajas: La computadora permite generar interfaces más dinámicas y con una mejor comunicación con el usuario a comparación de las opciones anteriores. Por otro lado, una computadora puede solucionar a otros sistemas del dispensador, como el sistema de alarma, el sistema de reconocimiento o el sistema de control.

- Desventajas: Es la opción más costosa de todas, y al igual que la aplicación de dispositivo móvil, es posible que muchas personas no cuenten con una computadora, reduciendo aún más el campo de usuarios potenciales. Por último, es necesario tomar en cuenta no sólo el sistema operativo, sino la versión del mismo, para que sea compatible con el mayor número de computadoras.

Soluciones para el sistema de control

Microchip PIC16F887 (Tarjeta de desarrollo UPRsys)

- Ventajas: Es un circuito con una buena disponibilidad, ya que se puede encontrar en la mayoría de las tiendas de electrónica. Tiene 40 pines, de los cuáles, la mayoría pueden ser utilizados como entradas y salidas. La tarjeta de desarrollo puede ser programada desde una computadora. Finalmente, en el caso particular de los diseñadores de este proyecto, el PIC16F887 es el microcontrolador con el cual se tiene mayor experiencia.
- Desventajas: Para la solución de algunos sistemas, como son, el sistema de reconocimiento, es necesario desarrollar las librerías para controlar los dispositivos electrónicos, lo cual, puede consumir un tiempo significativo. También, es necesario conectar distintos elementos eléctricos y electrónicos para que la tarjeta trabaje correctamente, como son, capacitores, reloj de frecuencia y controlador para cargar los programas desde el puerto USB.

ATMega328 (Tarjeta de prototipos ArduinoUNO)

- Ventajas: Es un circuito integrado que cuenta con una gran disponibilidad. Existen librerías para muchos tipos de dispositivos, como los propuestos en el sistema de reconocimiento o sistema de interfaz. La tarjeta de prototipos ArduinoUNO puede ser utilizada en el ambiente de Arduino (IDE), lo que permite programar el circuito con un lenguaje de alto nivel.

- Desventajas: El precio de la tarjeta es más elevado que el de las demás propuestas de solución. La capacidad de memoria, así como el número de pines es insuficiente para controlar todos los sistemas propuestos.

Texas Instruments MSP 430

- Ventajas: El circuito cuenta con una tarjeta de desarrollo que se puede adquirir en distintas tiendas de electrónica.
- Desventajas: Las entradas al circuito MSP 430 deben de ser de 3.3 [v], por lo que para cada entrada, es necesario un arreglo de resistencias. En el caso particular de este proyecto, los desarrolladores no han utilizado dicho circuito, por lo que se requiere tiempo para aprender a utilizarlo y programarlo.

GAL22V10

- Ventajas: El precio del circuito integrado es menor, comparado con las opciones anteriores.
- Desventajas: La capacidad de almacenamiento, así como los métodos de programación son incompatibles con la mayoría de las propuestas de solución. La disponibilidad en el mercado es mala, comparado con otras alternativas y es posible que se deje de producir en el futuro cercano.

Soluciones para el sistema de reconocimiento.

Cámara web

- Ventajas: Una cámara puede reconocer, hasta cierto punto, al perro de una forma más detallada. Es posible monitorear al perro para saber si efectivamente comió y a qué hora.

- Desventajas: En caso de tener perros de la misma raza, la cámara web podría reconocer a los perros como uno sólo. Es necesario contar con el controlador adecuado para cada cámara, así como una librería especial para el sistema de control.

Sensor infrarrojo

- Ventajas: El sensor infrarrojo tiene el menor costo, comparado con las opciones presentadas. No es necesario una librería especial para el control de dicho sensor.
- Desventajas: El sensor infrarrojo sólo es presencial, por lo que cualquier objeto, persona o animal puede activarlo y es posible que la comida se dispense aun cuando el perro no esté en presencia del dispensador.

Sensor ultrasónico

- Ventajas: Es una opción menos costosa que las demás, a excepción del sensor infrarrojo.
- Desventajas: Para esta aplicación, el sensor es presencial por lo que presenta las mismas desventajas del sensor infrarrojo. Por otro lado, para el sensor ultrasónico es necesario contar con una librería especial para el sistema de control.

RFID

- Ventajas: La tecnología RFID permite identificar individuos efectivamente, por medio de tarjetas con distinto número de identificación.
- Desventajas: La distancia entre el receptor y el emisor de frecuencias es distinta, dependiendo del modelo de sensor RFID, pero en la mayoría, no excede los 15 [cm] por lo que el perro debe de aproximarse lo suficiente al dispensador.

Las propuestas de solución no toman en cuenta la funcionalidad, el costo u otros factores relacionados con las mismas; sin embargo, estos factores toman relevancia al momento de definir las distintas configuraciones que puedan resolver al sistema total.

3.6.- Configuraciones.

Cada una de las soluciones de los sistemas, interactúan entre sí para generar una configuración de soluciones. En las configuraciones, es importante analizar la compatibilidad, funcionalidad, implementación, tiempo costo, entre otros factores, de las soluciones. El conjunto de soluciones que represente las mayores ventajas será la configuración a utilizar.

A continuación se presentan tres opciones de configuración, con una pequeña descripción:

Configuración Uno:

Sistema	Solución
Energía	-Energía eléctrica. (fuente de voltaje)
Almacenamiento	-Contenedor de tela.
Dosificación	-Paletas tipo molino horizontal.
Manipulación de alimento	-Bandeja con movimiento vertical.
Alarma	-Zumbador.
Interfaz	-Pantalla LCD con botones.
Control	-Microchip PIC16F887.
Reconocimiento del perro	-Sensor infrarrojo

Descripción: El sistema se energiza por medio de una toma de corriente eléctrica; las croquetas se almacenan en un contenedor de tela con varillas rígidas; el usuario programa el horario y la cantidad de alimento por medio de distintos botones y una pantalla LCD; cuando la señal del PIC16F887 lo determina, se activa un motor que propulsa el arreglo de paletas tipo molino horizontal, dichas paletas dosifican las croquetas a un plato sobre una bandeja y al terminar de trabajar, se activa el zumbador eléctrico, reproduciendo un todo; la bandeja se mueve verticalmente cuando se activa el sensor infrarrojo, permitiendo la disposición de alimento al perro.

Esta configuración es una buena opción si sólo se cuenta con un perro, ya que el sensor infrarrojo no puede identificar perros diferentes; también, contempla un costo reducido, ya que la mayoría de los elementos que componen la configuración tienen un bajo costo.

Configuración dos:

Sistema	Solución
Energía	-Energía neumática. -Energía eléctrica.
Almacenamiento	-Contenedor de metal.
Dosificación	-Pistón neumático.
Manipulación de alimento	-Bandeja con movimiento horizontal.
Alarma	-Bocina.
Interfaz	-Computadora.
Control	-ArduinoUNO.
Reconocimiento del perro	-Cámara web.

Descripción: El dispensador se energiza por medio de una toma de corriente eléctrica, al igual que un compresor, que permite generar el flujo de aire necesario para el pistón; las croquetas se almacenan en un contenedor de acero inoxidable; el usuario programa la cantidad de alimento y el horario de alimentación por medio de una aplicación Java o Visual Studio en la computadora; cuando el ArduinoUNO manda la señal, se activa el pistón neumático que permite la dosificación de comida y al terminar, se escucha, en la bocina, un mensaje o una melodía almacenada en la computadora y definida por el usuario; cuando el perro se acerca, se analizan sus rasgos por medio de una cámara web, y de ser positiva la comparación de rasgos definida, se activa el movimiento horizontal de una bandeja, que permitirá la disposición de alimento.

Esta configuración representa un gran costo (monetario y de tiempo) ya que la mayoría de los elementos son caros o requieren de una gran cantidad de tiempo para su implementación, comparados con las demás soluciones. Por otro lado, funciona correctamente aun cuando se tenga más de un perro, sin embargo, deben ser de razas o rasgos diferentes.

Configuración tres:

Sistema	Solución
Energía	-Energía eléctrica. (fuente de voltaje)
Almacenamiento	-Contenedor de plástico.
Dosificación	-Paletas tipo molino vertical.
Manipulación de alimento	-Compuerta con plano inclinado.
Alarma	-Zumbador eléctrico.
Interfaz	-Pantalla LCD. -Dispositivo móvil.
Control	-Microchip PIC16F887. -ArduinoUNO.
Reconocimiento del perro	-Tecnología RFID.

Descripción: El dispensador se conecta a una toma de corriente eléctrica, que energiza todo el sistema; las croquetas se almacenan en un contenedor de plástico con tapa y asa; el usuario programa la cantidad de alimento y el horario de alimentación por medio de una aplicación en un dispositivo móvil y puede observar el estado del dispensador en una pantalla LCD; cuando el PIC16F887 manda la señal, se activa un dosificador con paletas verticales y dispensa la comida a un plano inclinado para almacenarla momentáneamente; al terminar de dispensar la comida, se activa el zumbador eléctrico; cuando el perro se acerca con un ID Tag, el sensor RFID compara la frecuencia de éste y de ser la misma de la base de datos, se activa el motor de una compuerta, que al moverse, permite el paso de croquetas para que el perro pueda comerlas.

Esta configuración funciona correctamente para la mayoría de los escenarios posibles, es decir, si el dueño tiene un perro, más de un perro de distintas razas o más de un perro de la misma raza. Por otro lado, representa un equilibrio entre el tiempo y el costo de implementación. Por las razones anteriores, se elige a la configuración tres como la configuración a utilizar.

Ya definida la configuración óptima, es necesario un análisis de cada elemento que la constituye así como profundizar en su funcionamiento y requerimientos.

3.7.- Elementos de la configuración final.

La configuración final contiene soluciones para cada subsistema, sin embargo, cada solución tiene una gran variedad de opciones, por lo que es necesario analizar la opción que se elegirá, tomando en cuenta todas las demás soluciones de los subsistemas.

Se describe la opción elegida, así como las razones de elegirla, por cada subsistema del dispensador:

a).- Subsistema de alimentación: Todos los circuitos electrónicos y componentes eléctricos trabajan correctamente con voltajes de entre 3 – 5 [v] (DC) y la corriente máxima consumida es de aproximadamente 1 [A]. Por lo tanto, se elige una fuente de alimentación eléctrica con entrada de 127 [v], salida de 5[v] DC @ 2[A] (Figura 3.6). La fuente elegida alimenta a todos los componentes electrónicos; sin embargo, el circuito DS1307 (subsistema de alarma) requiere de una alimentación adicional para que la hora en tiempo real no se pierda cuando el circuito no esté energizado. Para la alimentación adicional del DS1307, se opta por una pila de botón de 3 [v].



Figura 3.6.- Fuente de voltaje @ 5[v], 2[A] [24]

b).-Subsistema de almacenamiento: El dispensador se compone de un contenedor en donde se almacenan las croquetas para perro. El contenedor tiene el volumen suficiente para garantizar que el dueño no tenga que verter croquetas más de una vez a la semana. Para lograr lo anterior, se calculó la cantidad de alimento máximo requerida por un perro con alta actividad física y con un peso mayor a los 40 [kg]. Utilizando la ecuación 4 del Capítulo Dos (ec 1.4), se tiene que para un perro con las características dadas, se debe de servir 565 [g] al día y 3.96 [kg] a la semana.

Con un contenedor graduado, se vertieron 3.5 [kg] de croquetas y éstas ocuparon un volumen de 8 [L]. Es decir que por cada kilogramo de croquetas se ocupa alrededor de 0.437 [L]. Si se requieren 3.96 [Kg] de almacenamiento mínimo, entonces el contenedor debe de tener una capacidad mínima de 9.05 [L]. Este análisis toma en cuenta el volumen ocupado por las croquetas y por el espacio entre ellas.

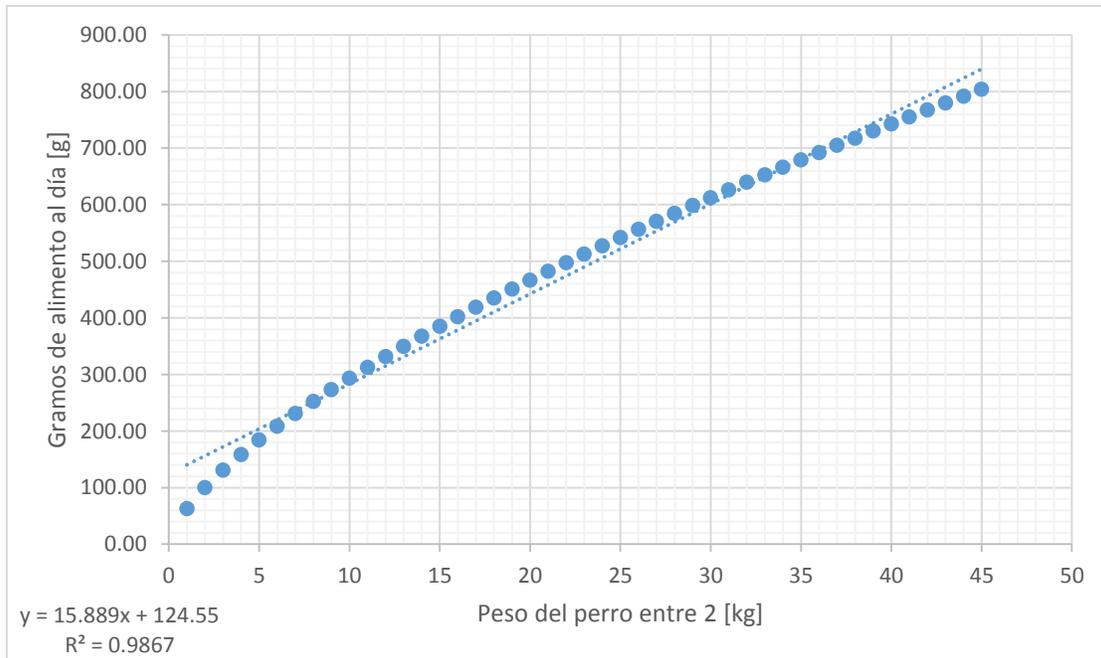
Por otro lado, el material del contenedor tiene que cumplir con ciertas propiedades y características físicas y mecánicas para que se pueda estar en contacto con distintos alimentos. El polipropileno es un material de grado alimenticio que cumple con estándares de calidad impuestos por el FDA (*Food and Drug Administration*), NSF (*National Sanitation Foundation*) y USDA (*United States Department of Agriculture*), por lo que es una buena opción de material. [25] [26] [27]

Finalmente, tomando en cuenta las consideraciones anteriores, se elige un contenedor de polipropileno comercial de 10 [L] de capacidad. (Figura 3.7)



Figura 3.7.- Modelo de contenedor de plástico [23]

c).- Subsistema de Dosificación.- Para dispensar la cantidad necesaria de croquetas, se piensa en un dosificador de paletas con dos cavidades, en donde caen croquetas desde el contenedor y después son dosificadas al plano inclinado. Las croquetas caen por medio de la fuerza de gravedad y el dosificador gira con la ayuda de un servomotor. Para conocer el volumen de las cavidades, se identificó la cantidad e incremento mínimo para perros con variaciones de peso de 2 [kg]. Se ajustaron los datos y se hizo una regresión lineal obteniendo una recta (gráfica 3.1) para conocer la resolución que debe de tener el dispensador.



Gráfica 3.1.- Recta de cantidad de alimento / peso del perro

El incremento es de aproximadamente 16 [g] de croquetas por cada 2 [kg] de aumento en el peso del perro por lo que el volumen de una cavidad tiene que tener la capacidad suficiente para almacenar 16 [g] de croquetas. Considerando los datos mencionados en el inciso b), la cavidad requiere un volumen de almacenamiento de 23.3 [cm³].

Se elige diseñar y manufacturar un dosificador con las características anteriormente mencionadas.

d).- Subsistema de manipulación de alimento.- Cuando el perro sea identificado por el sistema de identificación, el alimento estará a disposición del perro. Para lograr lo anterior, se opta por un arreglo de plano inclinado con compuerta.

El plano inclinado actúa como almacenamiento hasta que el perro se encuentre en presencia del dispensador, por lo que requiere una capacidad mínima de 565 [g]. Se opta por diseñar un plano con paredes que cumpla dicho requerimiento.

Para el movimiento de la compuerta, se elige utilizar un servomotor.

e).- Subsistema de alarma.- Con el dispensador, el usuario puede programar la hora de alimentación de su perro. Para lograrlo, se necesita un reloj en tiempo real, que compare la hora elegida por el usuario y la hora actual. Cuando las dos horas son iguales, se activa el mecanismo dosificador, dispensado las croquetas al plato del perro. Se elige un circuito DS1307 (figura 3.8), en el cual se programa una hora y fecha establecidas a partir de la cual empezará una cuenta. En la programación del circuito se tienen variables para segundos, minutos, horas, días, meses y años. Al iniciar la cuenta, las variables cambian con cada segundo que transcurre, por lo que se tiene un reloj calendario en tiempo real.

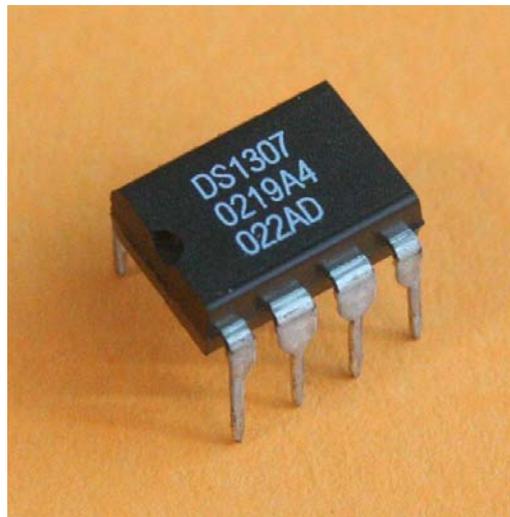


Figura 3.8.- Circuito DS1307 [28]

Cuando las horas comparadas tienen el mismo valor, suena una alarma que notifica tanto al perro, como al usuario (en caso de estar presentes), que la comida ha sido dispensada. Para la alarma, se elige un zumbador eléctrico (buzzer) con una frecuencia de 4 kHz @72 dB (Figura 3.9). Tanto los humanos, como los perros, son capaces de interpretar esta frecuencia como un sonido, siendo dicho componente, una buena opción para la alarma.



Figura 3.9.- Zumbador eléctrico 4 kHz [40]

f).- Subsistema de interfaz: El dispensador tiene tres interfaces diferentes.

Para programar la cantidad de croquetas a dispensar y los horarios para hacerlo, se piensa en el desarrollo de una aplicación móvil para Android OS®, ya que éste es el sistema operativo con mayor número de usuarios [29]. Al ingresar el peso del perro y su actividad física, se calcula la cantidad, en gramos, de croquetas necesarias para el perro, con la ayuda de la ecuación 4 (ec 1.4) del Capítulo Dos. El usuario puede elegir hasta 3 horas diferentes para que las croquetas sean dispensadas y la porción de croquetas se divide en uno, dos o tres, según sea el caso.

La aplicación utiliza el módulo Bluetooth® del dispositivo móvil y se comunica inalámbricamente con otro módulo Bluetooth® (Figura 3.10), ubicado en el dispensador de croquetas.



Figura 3.10.- Módulo Bluetooth [30]

En el dispensador, se coloca una pantalla LCD de 16x2 caracteres (Figura 3.11), en donde se muestra el reloj en tiempo real, controlado por el circuito DS1307 y el microcontrolador. Por otro lado, la pantalla LCD también muestra algunas instrucciones al usuario cuando se entra al modo de programación del dispensador.



Figura 3.11.- Pantalla LCD de 16x2 [31]

Finalmente, se utilizan LED's que indican cuando el dispensador ha sido programado. Cada LED tendrá un color diferente, el cual indicará el estado del dispensador (Programado/ No programado).

g).- Subsistema de reconocimiento.- El dispensador cuenta con un identificador que, al momento de activarse, genera una señal para activar el subsistema de manipulación del recipiente. Se elige la implementación de un módulo RFID (*Radio Frequency IDentification*), el cual trabaja por medio de frecuencias. El sistema se compone por dos partes, una activa y una pasiva. La parte activa se conecta a un microcontrolador, y genera un campo magnético, el cual excita a un componente electrónico en la parte pasiva. La parte pasiva no requiere de alimentación eléctrica y generalmente tiene un identificador definido. Se elige una tarjeta encapsulada en un llavero de piel como etiqueta pasiva (Figura 3.12) y un módulo MFRC522 @ 13.56 MHz como etiqueta activa (Figura 3.13).



Figura 3.12.- Llaverito con identificar RFID



Figura 3.13.- Lector RFID [32]

h).- Subsistema de control.- Para el control de todos los subsistemas, se eligen dos microcontroladores: el circuito PIC16F887 y el circuito ATmega328, desarrollados por Microchip Technology Inc® y Atmel Corporation®, respectivamente. Ambos microcontroladores son parte de tarjetas de desarrollo para prototipos, es decir, están conectados a una serie de componentes eléctrico-electrónicos, que permiten una programación rápida y eficiente; sin embargo, el costo de las tarjetas es superior al de los circuitos individuales.

En el caso del PIC16F887, se tiene la tarjeta de desarrollo UPRsys v1302A (Figura 3.14), diseñada por el M.I. Ulises Martín Peñuelas Rivas, docente de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.



Figura 3.14.- Tarjeta de desarrollo UPRsys [23]

En el caso del ATmega328, se tiene la tarjeta de desarrollo ArduinoUno (Figura 3.15), desarrollada por la compañía italiana Arduino.



Figura 3.15.- Tarjeta de desarrollo ArduinoUNO [32]

Una vez determinada la configuración final con las soluciones compatibles, se procede al desarrollo del modelo funcional, en donde se adquieren los materiales, se diseñan planos, circuitos, y se ensamblan las piezas. Durante el desarrollo, se implementan todos los sistemas físicamente y su objetivo es generar un modelo funcional listo para probarse.



4. Desarrollo

En este capítulo se muestra la lógica que siguen los sistemas propuestos en el Capítulo Tres, así como su implementación física. Se muestra la función de cada uno de los componentes que integran cada sistema y cómo interactúan éstos entre sí para el correcto funcionamiento del dispensador.

Como se menciona en el Capítulo 3, todos los componentes que constituyen al dispensador se agrupan en sistemas. Cada sistema cumple con una función diferente y su forma de interactuar se observa en un diagrama de entrada y salidas; sin embargo, al momento de implementar físicamente todos los sistemas, es necesario describir su interacción en términos de entradas, salidas, eventos y funciones; es por eso que se desarrolla una lógica de eventos, en donde se visualiza la función de cada sistema, interactuando con los demás, en el sistema total.

4.1. Lógica y diagramas de flujo

La lógica es una serie de instrucciones que siguen un patrón y están basadas en eventos; dicha lógica se auxilia, en gran medida, en diagramas de flujo.

Un diagrama de flujo es una herramienta gráfica que permite a un diseñador generar una lógica de acciones y que en su conjunto, llevan a cabo un proceso. Es de gran utilidad ya que facilita la comprensión de interacción de todos los componentes, a partir de la lógica generada en el diagrama.

En este caso, se agrupa una serie de acciones en estados de trabajo, los cuales describen un subproceso del dispensador. En un estado de trabajo pueden interactuar uno o más sistemas simultáneamente.

En primer lugar, se tiene un diagrama de flujo general, que describe la secuencia de estados, dependiendo de algunas condiciones; posteriormente, se describe cada estado de forma particular y se genera el diagrama de flujo de cada uno.

A continuación se describe cada uno:

Diagrama General

El siguiente diagrama de flujo general muestra el comportamiento de todos los estados que componen al dispensador, así como algunas condiciones que controlan la sucesión de eventos. (Figura 4.1)

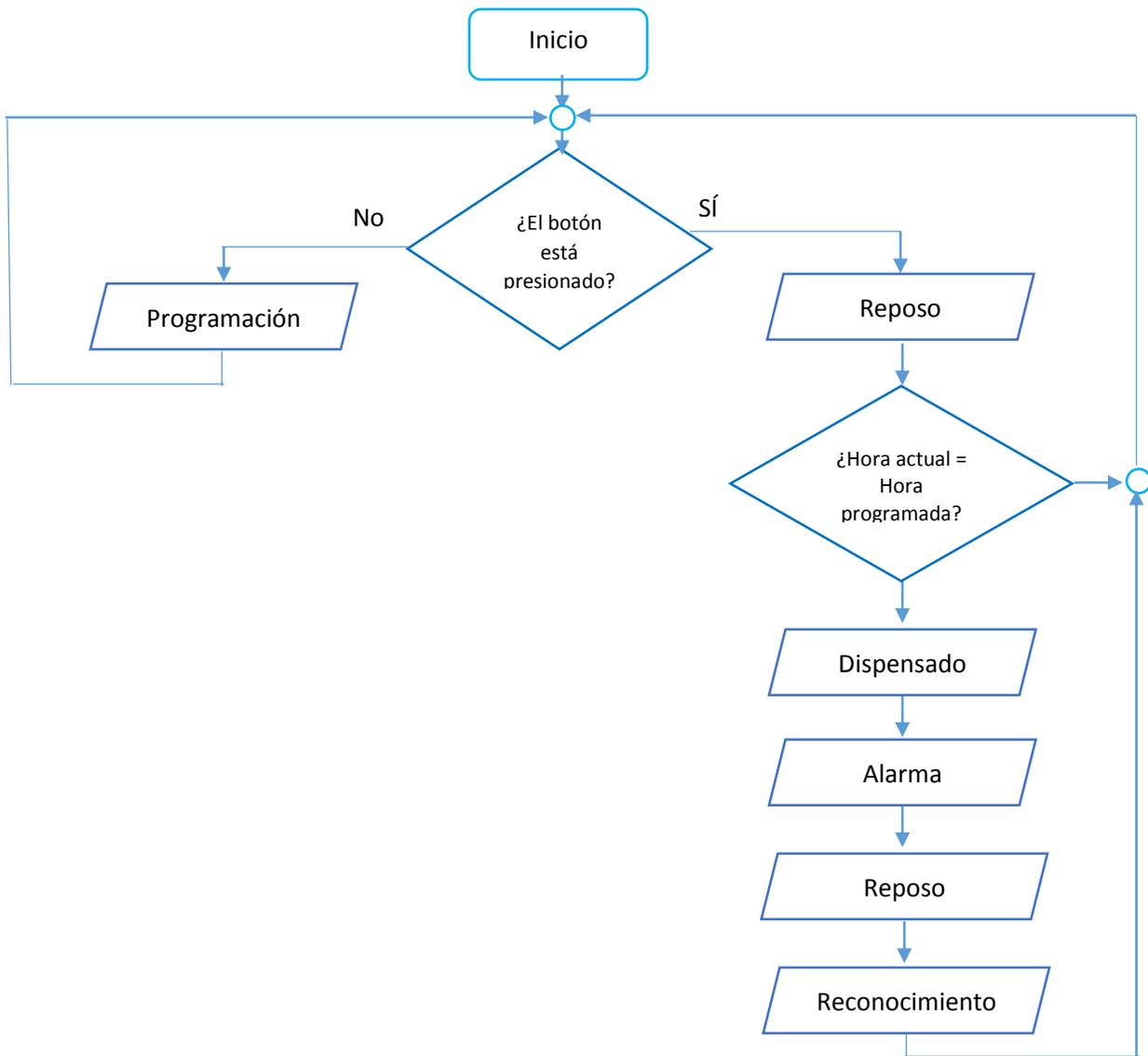


Figura 4.1.- Diagrama de flujo general

En primer lugar, se pregunta la situación del botón de programación. De estar activado, se pasa al estado de Programación, de lo contrario, se pasa al estado de Reposo y desde dicho estado, se puede ingresar al estado de Dispensado, Alarma o Reconocimiento; lo anterior depende de la hora programada y la hora actual. Si la hora programada por el usuario es igual a la hora actual, dada por el reloj en tiempo real, entonces se pasa a los estados mencionados.

A continuación se describe cada uno de los estados y se presenta el diagrama de flujo correspondiente.

Reposo

Estado en el cual el dispensador espera a ser programado o a dosificar croquetas. (Figura 4.2)

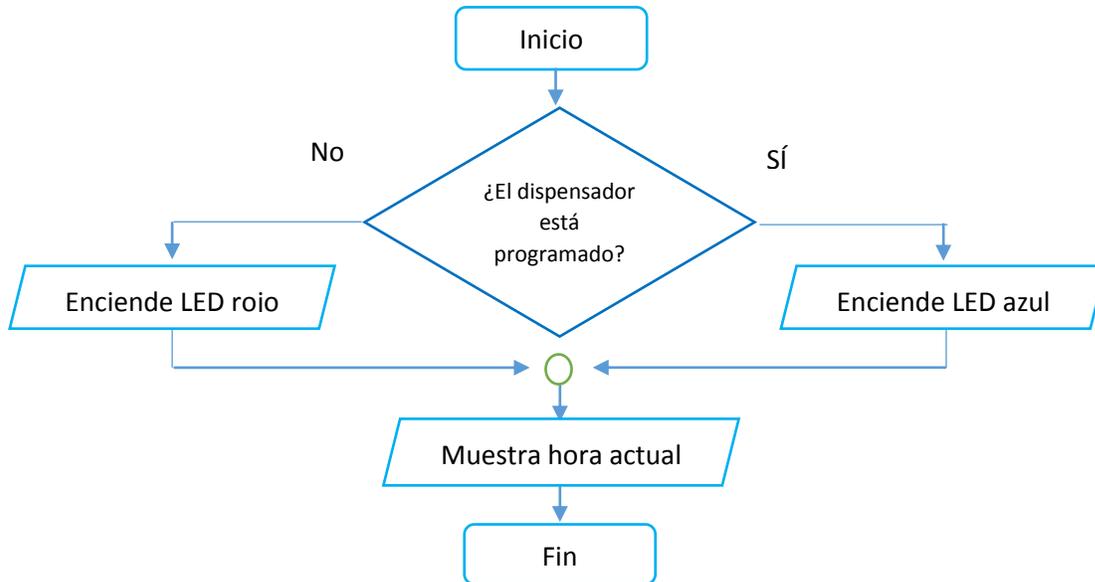


Figura 4.2.- Diagrama de flujo Reposo

Para el estado de Reposo, se pregunta si el dispensador está programado; de ser cierto, se energiza la terminal correspondiente al LED azul de un LED RGB, de lo contrario, se energiza la terminal roja. Después, se muestran la hora actual en tiempo real.

A partir de este estado, se puede pasar a uno de los dos estados siguientes: Programación o Dispensado.

Programación

Cuando se activa el "Botón de Programación", se entra al estado de programación, en donde se reciben los datos necesarios para cambiar la hora del dispensador y para el control del dosificador, al momento de dispensar alimento. (Figura 4.3)

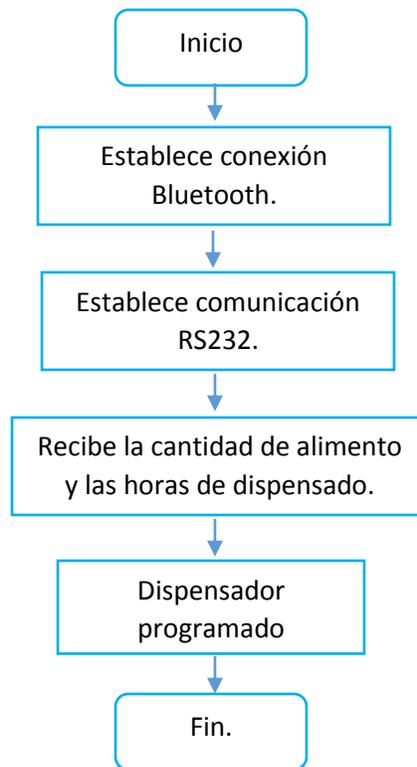


Figura 4.3.- Diagrama de flujo Programado

En este estado, se realiza la conexión Bluetooth y la comunicación RS232 para recibir los datos provenientes de la aplicación móvil. La aplicación envía un número o una letra, dependiendo del caso, y para cada uno, se asigna una instrucción, ya sea para cambiar la hora o definir el número de vueltas que da el dosificador. Cada caso se puede observar en el código fuente del programa "Main.c", localizado en el Anexo de este documento. Finalmente, se define que el dispensador está programado, por lo que en el estado de Reposo, el LED cambiará de color.

Una vez finalizadas las acciones mencionadas, se pasa al estado de reposo.

Dispensado

Se entra al estado de Dispensado cuando la hora en tiempo real es igual a la hora programada por el usuario. (Figura 4.4)

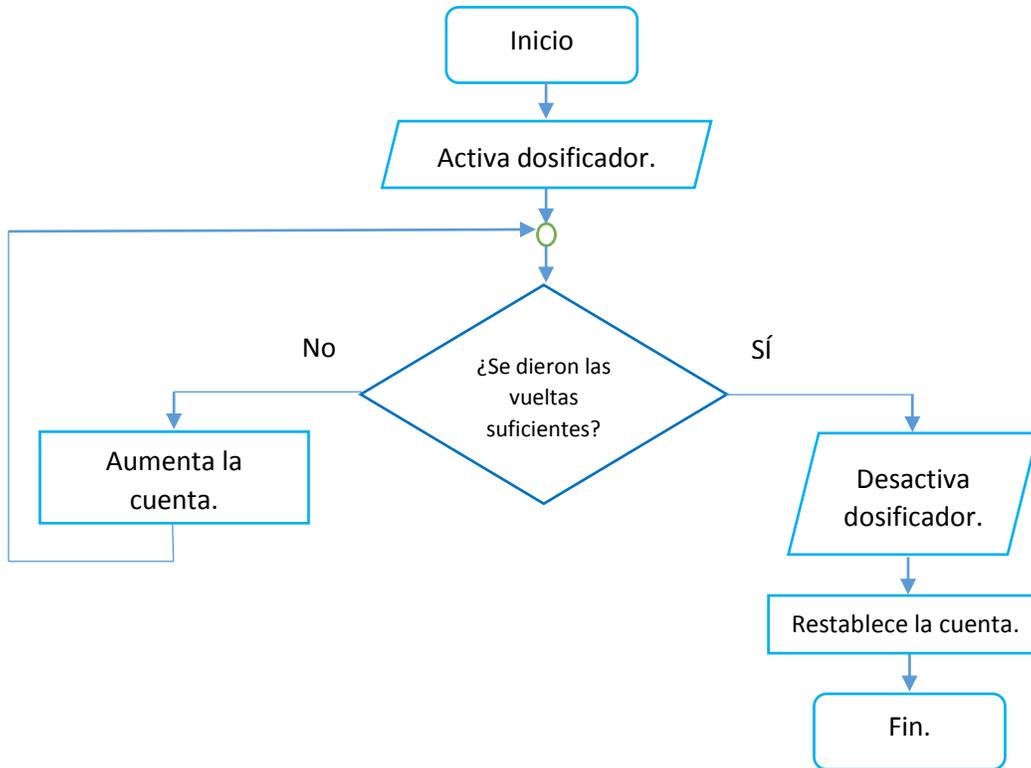


Figura 4.4.- Diagrama de flujo Dispensado

En el estado de Dispensado, el dosificador se activa y por cada media vuelta, se incrementa un contador en una unidad. El dosificador gira hasta que el número de vueltas sea el mismo que la cantidad enviada desde la aplicación móvil. Cuando ambas tienen el mismo valor, se desactiva el dosificador y la variable de cuenta se restablece.

Este estado antecede al estado de Alarma.

Alarma

Este estado activa la alarma que le avisa al perro y al dueño que el alimento ha sido dosificado. (Figura 4.5)

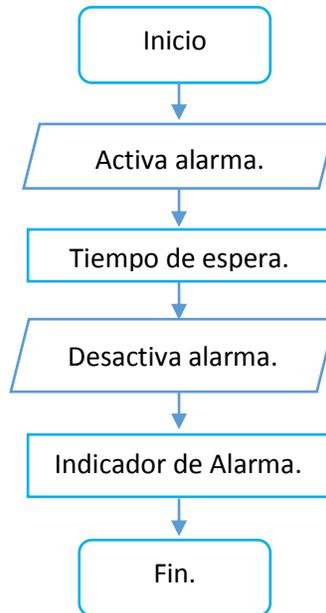


Figura 4.5.- Diagrama de flujo Alarma

La alarma se activa, y después de un tiempo de exposición, se desactiva, notificando que el alimento ha sido dispensado. Por otro lado, se genera un indicador, que significa que las croquetas han sido dispensadas y están a la espera del reconocimiento del perro. El Indicador de Alarma, controla el estado de la compuerta, es decir, determina si ésta se puede abrir o no cuando la parte activa del sensor esté en presencia de la parte pasiva.

De este estado se pasa al estado de Reposo, sin embargo, a partir de este momento, se puede ingresar al estado de Reconocimiento.

Reconocimiento

Para ingresar a este estado, es necesario que el estado de Alarma haya ocurrido con anterioridad, es decir, que el Indicador de Alarma esté activado. El estado de reconocimiento permite que la compuerta se abra y que el alimento este a disposición del perro definido por el usuario con anterioridad. (Figura 4.6)

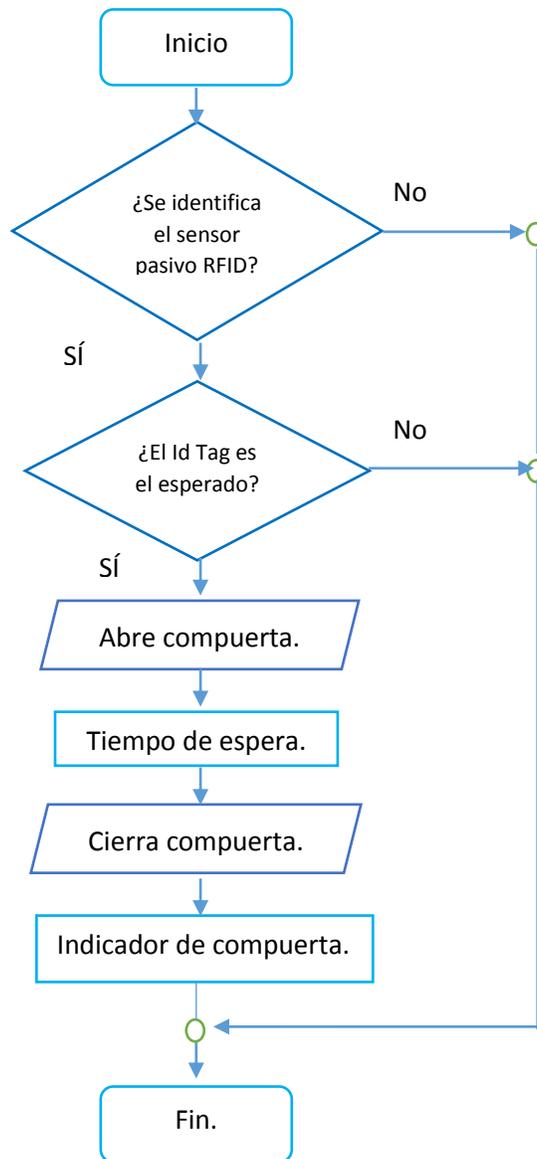


Figura 4.6.- Diagrama de flujo Reconocimiento

En este estado, se puede observar que primero se pregunta si el sensor RFID pasivo está en presencia del dispensador. Dicho sensor se encuentra en el collar del perro, por lo que se define si hay o no un perro con una tarjeta RFID; de no ser así, el estado de Reconocimiento termina, de lo contrario se pregunta si el número de identificación es el correcto, es decir, si el perro que está presente, es el perro asociado con el dispensador. Si se cumplen ambas condiciones, se abre la compuerta y después de unos segundos de espera, se cierra. Finalmente, se genera un Indicador de Compuerta, que deshabilita la compuerta, por lo que ésta no se podrá abrir, aunque el perro indicado se acerque al dispensador. La compuerta se habilitará nuevamente hasta que vuelva a sonar la alarma, es decir, hasta que se dispense comida de nuevo y se active el Indicador de Alarma.

Una vez definida la lógica secuencial se procede a la implementación física de todos los sistemas.

4.2. Implementación de sistemas

Los sistemas propuestos en el Capítulo Tres, se componen de una parte mecánica, virtual, electrónica o la combinación de una o más partes. Cada sistema forma parte de uno o más estados de trabajo y de ellos depende el correcto funcionamiento del dispensador. A continuación se describe el funcionamiento de cada sistema tomando en cuenta las partes mencionadas anteriormente.

Sistema de energía

El sistema de energía se compone de una fuente de 5[V] a 2 [A]. Dicha fuente se conecta a la entrada de energía del circuito y alimenta a los componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos, como son, servomotores, circuitos integrados y sensores.

La fuente se controla con un *switch* enclavado, que permite energizar el sistema entero y que se encuentra a un costado del dispensador.

Cuando el usuario requiera cambiar los parámetros del perro o cambiar al perro asociado con el dispensador, simplemente tiene que desactivar el *switch* o desconectar el dispensador y el sistema se reiniciará completamente.

Sistema de almacenamiento

El sistema de almacenamiento se compone de un contenedor comercial de polipropileno de 10 [L] de capacidad. En la base del contenedor, se coloca el dosificador, por lo que es necesario generar una ranura, para que exista una comunicación entre el contenedor y el dosificador.

El contenedor está unido a la estructura del dispensador mediante un par de juntas en escuadra (Figura 4.7)

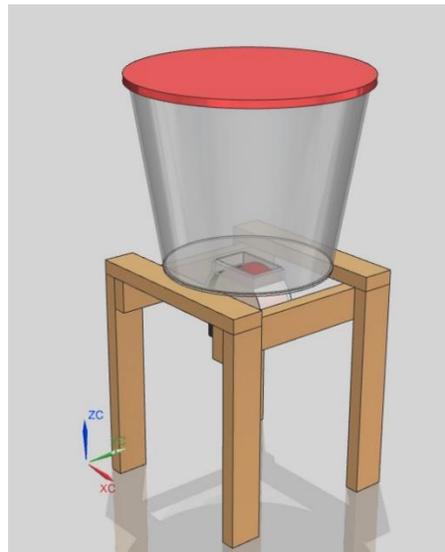


Figura 4.7.- Contenedor y estructura [23]

Sistema de dosificación

El sistema de dosificación se compone de una serie de piezas diseñadas en Unigraphics NX ® y posteriormente generadas en Autodesk AutoCad ®, para su corte láser (Figura 4.8).

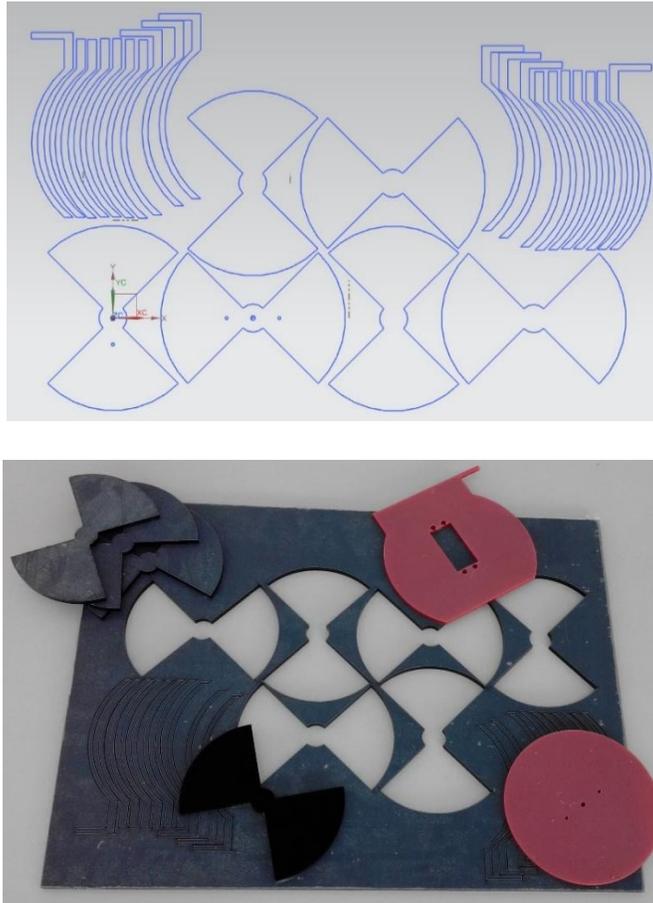


Figura 4.8.- Diseño y corte láser de piezas [23]

Las piezas se apilan una con otra hasta formar la pieza final, el dosificador (Figura 4.9). Se elige la opción de diseño de piezas y corte láser como método de manufactura ya es un proceso que consume poco tiempo y dinero en comparación con otros procesos, como son, el diseño de un molde para la inyección de plástico. Por otro lado, el corte láser ofrece tolerancia de corte de entre ± 0.05 y ± 0.07 [mm] [33], la cual es suficiente para el desarrollo de las piezas.

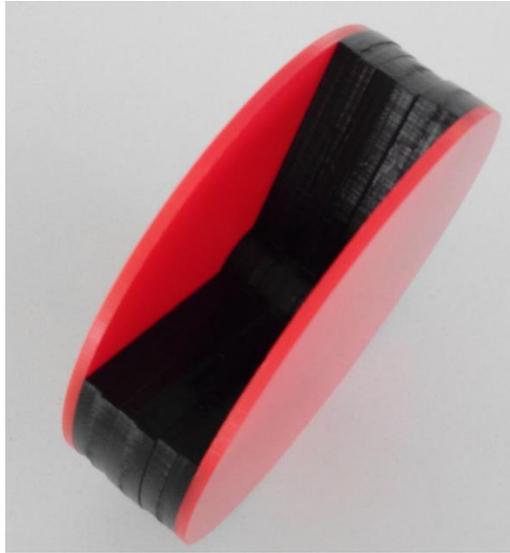


Figura 4.9.- Dosificador [23]

Se coloca un servomotor de 15 [kg/cm] que se activa por medio del microcontrolador ATmega320, del PIC16F887 y del DS1307. El sistema de dosificación comienza a trabajar cuando la hora en tiempo real, generada por el circuito DS13007, es igual a la hora programada por el usuario en la aplicación móvil.

El servomotor gira 160°, permitiendo que las croquetas caigan al plano inclinado; después, regresa a su posición original, de 10°, y de nuevo, caen más croquetas al plano inclinado.

El número de veces que gira el servomotor depende de la información generada por la aplicación móvil y la cantidad de croquetas que se dispensan por vuelta. La aplicación móvil genera el cálculo de alimento necesario para el perro, dependiendo de su peso, actividad física y de las propiedades calóricas de las croquetas. La cantidad de croquetas necesarias, en gramos, se divide por la capacidad de dispensado del dosificador obteniendo así, el número de vueltas que dará el servomotor, en la ecuación uno (ec. 4.1).

$$\frac{\text{Alimento necesario}[g]}{\text{Capacidad de dispensado} \left[\frac{g}{\text{vuelta}} \right]} = \text{Número de vueltas} \quad (\text{ec. 4.1})$$

El número de vueltas se envía al módulo Bluetooth y éste envía la información por medio de un protocolo de comunicación RS232 al PIC16F887. La información se almacena en una variable de tipo entero llamada 'cantidad'.

La cantidad de vueltas se controla por medio del servicio de interrupción del PIC16F887. Cuando el servomotor da una vuelta, el ATmega320 manda pulso de 5[v] al PIC16F887, generando un cambio de estado de bajo a alto. La interrupción ejecuta un bloque de código en el cual una variable entera aumenta su valor en una unidad; a esta variable se le llama 'contador'. Cuando 'cantidad' es igual a 'contador' se desactiva el servomotor y el alimento queda dosificado.

Sistema de manipulación de alimento

El sistema de manipulación de alimento se compone de un plano inclinado y una compuerta con movimiento angular. El plano inclinado se diseña, al igual que el dosificador, en Unigraphics NX® y Autodesk AutoCad®. Las piezas se ensamblan y se añaden al dosificador (Figura 4.10).

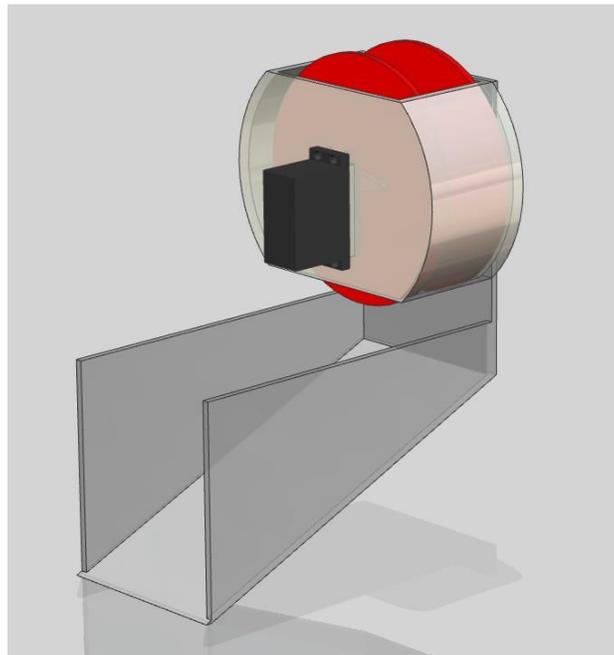


Figura 4.10.- Sistema de dosificación y de manipulación de alimento [23]

El movimiento de la compuerta está dado por un servomotor de 15[kg/cm] controlado por el ATmega320, el PIC16F887 y el sensor RFID.

Cuando las croquetas son dosificadas y se escucha la alarma, se activa una señal digital en el PIC16F887 que llega al ATmega320; esta señal es una de dos condiciones que habilitan el funcionamiento de la compuerta. La segunda condición está dada por el sensor RFID; si la tarjeta pasiva asociada con el dispensador se coloca cerca del sensor entonces se genera la segunda condición y el servomotor de la compuerta se activa. Posteriormente, la compuerta se cierra y la señal digital del PIC16F887 cambia de estado, por lo que la compuerta queda deshabilitada.

Finalmente, cuando la compuerta se abre, el alimento cae en un plato removible ubicado en la base del dispensador. El plato removible permite que éste pueda ser limpiado con facilidad.

Sistema de alarma

El sistema de alarma se compone de un zumbador eléctrico que se activa con el PIC16F887. La alarma se activa inmediatamente después de que el dosificador termina su función.

El sistema de alarma genera bit de información, que actúa como una bandera y es una de las dos condiciones para la habilitación de la compuerta, como se menciona anteriormente.

Sistema de interfaz

Existen tres elementos que actúan como interfaz. En primer lugar, se tiene un LED RGB (*Red Green Blue*). El LED emite una luz de color rojo cuando el dispensador no está programado y genera luz azul en caso de que esté programado.

El segundo elemento es una pantalla LCD de 16x2 caracteres que se controla mediante el PIC16F887. La pantalla LCD muestra en la mayor parte del tiempo, la hora actual, dada por el circuito DS1307, sin embargo, también muestra algunos mensajes que describen instrucciones o el estado del dispensado, como son: "Ingresa datos", al momento de programarlo; "Alimento Listo", cuando el alimento se ha dosificado (Figura 4.11).



Figura 4.11.- Mensaje en LCD. Sistema de interfaz. [23]

El tercer elemento es la aplicación móvil, en la cual se puede programar las funciones del dispensador.

Con la aplicación móvil se puede cambiar la hora del reloj en tiempo real, se realiza el cálculo de alimento necesario basado en el peso y actividad física del perro y se pueden programar los horarios de alimentación (Figura 4.12).



Figura 4.12.- Aplicación móvil. Android OS. [23]

Para programar cualquier función, es necesario presionar un botón enclavado ubicado en una de las caras laterales del dispensador; este botón permite la ejecución de un bloque de código en el PIC16F887. La aplicación móvil manda los datos al módulo Bluetooth y éste al PIC16F887, en donde se recibe la información por medio de una comunicación RS232. La información se almacena en variables, dependiendo del caso.

En general, se mandan caracteres numéricos y se tienen casos especiales para cada carácter. Por ejemplo, si desde la aplicación móvil se manda un carácter "h", el PIC16F887 ejecuta un caso en el cual se cambia la hora del reloj en tiempo real, aumentándola en una unidad. La lógica anterior se sigue para cada función del dispensador, teniendo en total ocho casos de caracteres diferentes, que permiten la programación de hasta tres horarios distintos de alimentación y la alteración del reloj en tiempo real. Para el caso de la cantidad de alimento, la aplicación genera un carácter numérico, dado por la ecuación 4 (ec. 1.4) del Capítulo Dos y la capacidad de dispensado por vuelta del dosificador. El número, al igual que las letras, se manda al módulo Bluetooth y de éste al PIC16F887, sin embargo, en éste se guarda la cantidad en una variable numérica ('cantidad'). La variable numérica, al ser una variable global, mantiene su valor aun cuando el botón de programación esté desactivado.

Sistema de control

El sistema de control se compone de dos circuitos integrados: el PIC16F887 y el ATmega328. Ambos están contenidos en tarjetas de desarrollo.

El PIC16F887, cuenta con 5 puertos diferentes (A, B, C, D, E), en los cuáles se tiene distinto número de pines disponibles. Los pines tienen características diferentes, como son, entrada o salida de señales, convertidores analógicos-digitales, transmisión de datos vía comunicación RS232, entre otros. A continuación, se muestra la simulación, realizada en ISIS Proteus, de los sistemas controlados por dicho controlador (Figura 4.13):

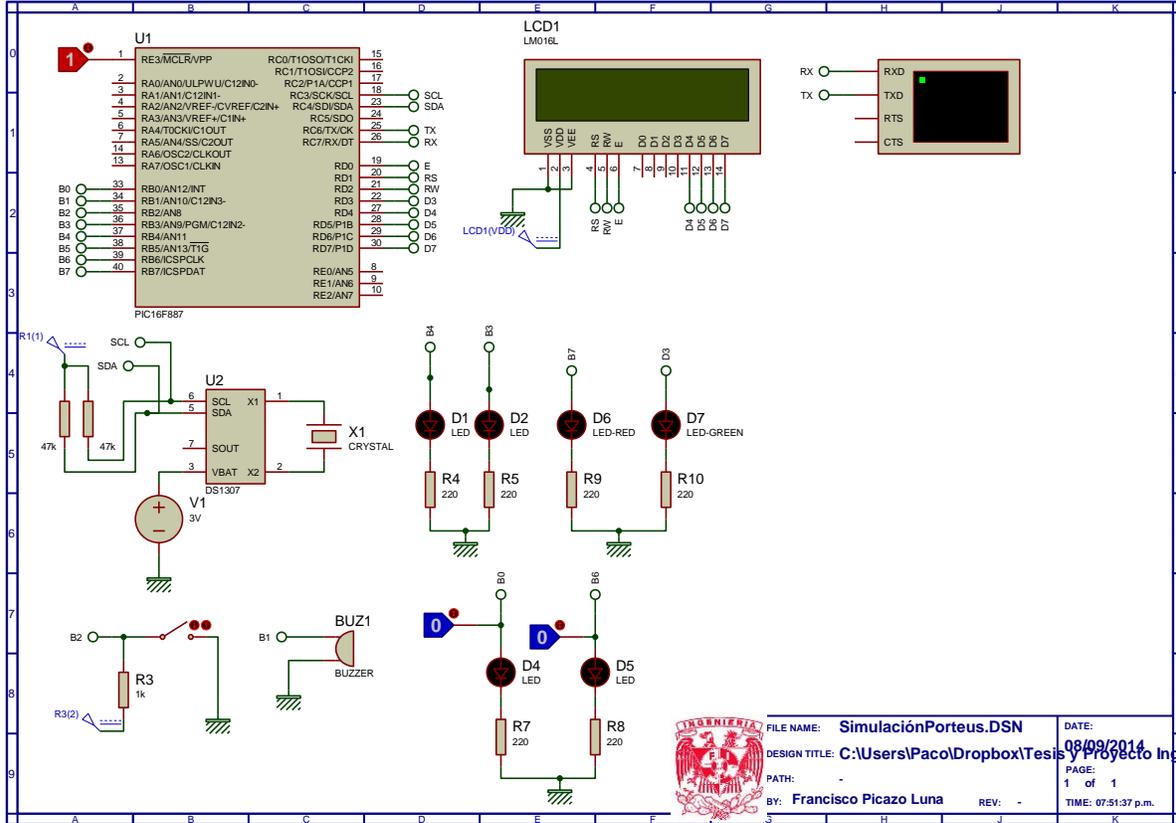


Figura 4.13.- Simulación en ISIS Proteus. Sistema de control. [23]

El segundo microcontrolador a utilizar es el circuito ATmega328, incluido en una tarjeta ArduinoUNO. Esta tarjeta también cuenta con pines SCL (Serial Clock Input) y SDA (Serial Data Input), necesarios para el control de algunos dispositivos asociados con este circuito; por otro lado, cuenta con salidas de voltaje de 5 y 3.3 [v], así como distintas formas de energizarla (USB, Power Jack, V_{in}). En la tarjeta se tienen distintos puertos de entradas y salidas, que no necesariamente corresponden a los puertos del microcontrolador (Figura 4.14). El puerto a utilizar se compone de pines digitales, localizados en uno de los costados de la tarjeta, y pueden ser tomados como entradas o salidas digitales.



Figura 4.14.- Puerto digital. ArduinoUNO. Sistema de interfaz [32]

A continuación se describe la función de cada uno de los pines de los microcontroladores y su interacción con los demás sistemas del dispensador:

La pantalla LCD de 16x2 caracteres, se controla con 7 pines del puerto D del PIC16F887, que sólo actúan como entradas o salidas. Los mensajes mostrados en la pantalla dependen del estado del dispensador y del reloj en tiempo real.

El circuito DS1307, o reloj en tiempo real, es controlado por los pines tres y cuatro del puerto C (Serial Clock Input/PC3, Serial Data Input/PC4) del PIC16F887, que son pines que habilitan una comunicación I2C (*Inter-Integer Communication*), que es un protocolo que permite la comunicación entre el microcontrolador y uno o varios periféricos. Es necesario un arreglo de resistencias Pull-up, que asegura que la entrada de los pines tiene 0 o 5 [v], dependiendo del caso. Por otro lado, el DS1307 también cuenta con una pila de 3 [v] que permite que la cuenta de segundos, minutos y horas continúe trabajando correctamente, aun cuando el dispensador no esté energizado. Esta pila se conecta en el tercer pin del circuito y se aterriza a la referencia de todo el sistema. Finalmente, en el primer y segundo pin se conecta un cristal con una frecuencia de 32.768 kHz; frecuencia necesaria para que la cuenta se incremente en un segundo, con un mínimo error.

El pin uno del puerto B (PB1) del PIC16F887, está conectado al zumbador eléctrico del sistema de alarma, que se activará cuando las croquetas hayan sido dosificadas.

En el pin dos del puerto B (PB2) del PIC16FF87 se conecta a un arreglo de resistencias Pull-up y a un *switch* enclavado, con el cual se inicializa un bloque de código en el microcontrolador, que permite la comunicación RS232. La comunicación RS232 se logra por medio de los pines seis y siete del puerto C (PC6 y PC7), que permiten la transmisión y recepción de datos, respectivamente; estos pines están conectados a un módulo Bluetooth que permite la conexión entre el microcontrolador y el dispositivo móvil. En el caso de ISIS, no se cuenta con dicho módulo, por lo que no se incluye en la simulación presentada.

El pin cero del puerto B (PB0) del PIC16F887, se conecta al pin digital cuatro (AD4) del ArduinoUno. Con este arreglo, se controla el número de vueltas que da el servomotor del sistema de dosificación. El servomotor gira a un ángulo de 160°, y cuando lo alcanza, se manda una señal del ArduinoUno al PIC16F887, la cual aumenta la cuenta de la variable; cuando el servomotor regresa al ángulo inicial (10°), se manda otra señal y se vuelve a aumentar la cuenta.

El pin tres del puerto B (PB3), del PIC16F887, se conecta al pin digital dos (AD2) del ArduinoUno. Con este arreglo, se controla el servomotor del sistema de dosificación. Cuando la hora de programación es igual a la hora del reloj en tiempo real, el PIC16F887 manda una señal al ArduinoUno, la cual permite que el servomotor se active. Cuando la variable de cuenta y la variable de cantidad almacenada en el PIC16F887 son iguales, se cambia el estado de la señal y el servomotor se desactiva.

El pin cuatro y seis del puerto B (PB4 y PB6), del PIC16F887, se conecta al pin digital seis y tres (AD6 y AD3) del ArduinoUno. Con este arreglo, se controla la habilitación del servomotor de la compuerta. Cuando la alarma se activa, se manda una señal del PB4 al AD6, la cual es una de las condiciones para que la compuerta se abra. Una vez que la compuerta se abre, se manda una señal del AD3 al PB6; dicha señal cambia el estado del pin PB4, por lo que la compuerta no se podrá abrir de nuevo sino hasta que suene la alarma.

Los pines digitales cero y uno (AD0, AD1) del ArduinoUno no tienen ningún elemento electrónico del dispensador asociado a ellos, ya que se utilizan para la escritura de programas desde la computadora.

En los pines digitales nueve, diez, once y doce (AD9, AD10, AD11, AD12) del ArduinoUno, se conecta la parte activa del sensor RFID. El sensor se alimenta con 3.3 [v], por lo que se aprovecha la salida de dicho voltaje generada por uno de los pines de la tarjeta ArduinoUno. Cuando la parte pasiva entra en el rango de lectura del sensor, se cumple la segunda condición para que la compuerta se abra.

Sistema de reconocimiento del perro

El sistema de reconocimiento del perro se compone de una parte pasiva y una parte activa de un sensor RFID. La parte activa se controla mediante el ATmega328 y se coloca en la base del dispensador. La parte pasiva se encapsula en un llavero y éste es el que se coloca en el collar del perro.

La parte pasiva cuenta con un número de identificación único, el cual se puede visualizar mediante una prueba de funcionamiento del sensor RFID y la impresión del número de identificación en el puerto serie del compilador. La prueba de funcionamiento se puede visualizar en el Anexo de este documento.

Cuando se conoce el número de identificación, se almacena en el microcontrolador para que pueda ser comparado posteriormente. Si la comparación muestra que el número de identificación es el mismo que el almacenado en el microcontrolador, se cumple una de las condiciones para que la compuerta se abra y el alimento esté a disposición del perro.

Una vez descrita la implementación de todos los sistemas, se procede a realizar pruebas de funcionamiento, que permiten corroborar la interacción propuesta de los sistemas y descubrir áreas de oportunidad y desarrollo de detalles.



5. Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados.

En este capítulo se muestran los resultados de diversas pruebas de funcionamiento de distintos sistemas y del dispensador en su totalidad. Se describe el análisis de comportamiento del dispensador en entornos controlados o esperados.

Para corroborar que la implementación física de todos los sistemas, descrita en el Capítulo Cuatro, funciona correctamente, es necesario realizar una serie de pruebas de funcionamiento.

Se identifican tres etapas principales del proceso de dispensado y alimentación y se proponen tres pruebas generales, en las cuales se verifica el funcionamiento de dichas etapas. En cada una de las pruebas se engloban varios sistemas del dispensador. Posteriormente, se realiza una prueba final, en donde se verifica que todos los sistemas funcionen en conjunto y correctamente.

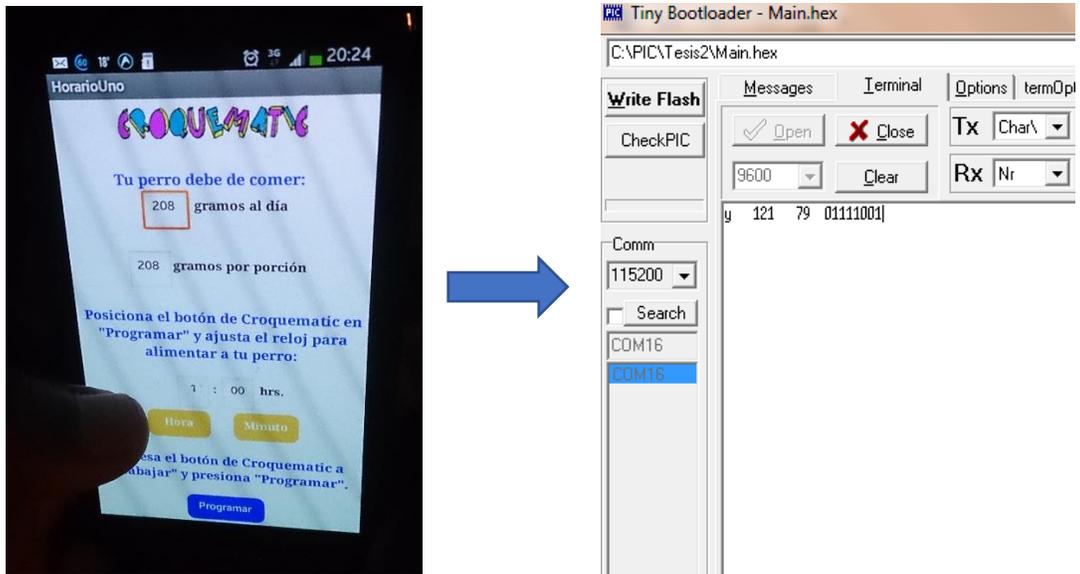
5.1.- Pruebas de comunicación: Aplicación Móvil - Dispensador

La primera prueba de funcionamiento verifica la correcta comunicación entre la aplicación móvil y el dispensador.

Como se menciona en el Capítulo Cuatro, la aplicación móvil envía caracteres por medio del módulo Bluetooth® del celular a otro módulo Bluetooth®, ubicado en el dispensador; posteriormente, los datos se mandan al PIC16F887 por medio de un protocolo de comunicación RS232.

Para verificar que el proceso de comunicación se realiza correctamente, se utiliza el monitor serial del software Tiny Bootloader®. En dicho software se pueden observar los caracteres que recibe el microcontrolador por medio de un monitor de puerto serial, también conocido como *Terminal*.

En la aplicación móvil, se presiona la instrucción deseada y se verifica que el carácter esperado se visualice en el monitor de puerto serial. (Figura 5.1)



Aplicación móvil

Monitor de puerto serial

Figura 5.1.- Comunicación entre aplicación móvil y monitor de puerto serial. Prueba de comunicación. [23]

Se observa que al presionar el botón de “Hora”, se recibe correctamente un caracter en el monitor de puerto serial. Se visualiza su valor correspondiente en base decimal, hexadecimal y binario. Para cada instrucción en la aplicación móvil, se recibe un caracter diferente por lo que se realiza una prueba para comprobar que se reciban los caracteres esperados. (Figura 5.2)

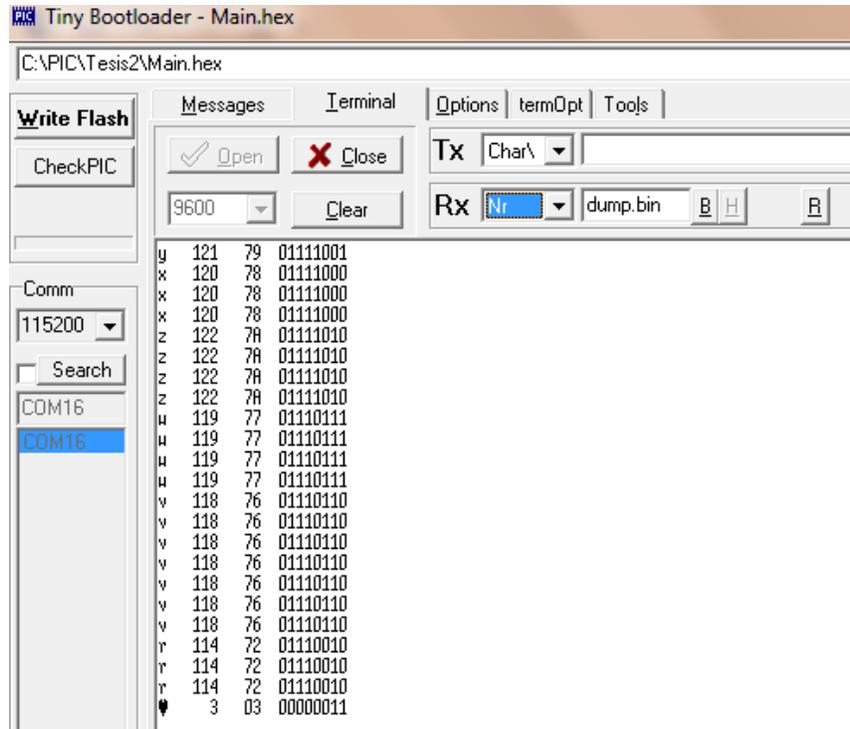


Figura 5.2.- Caracteres esperados en monitor de puerto serial. Prueba de comunicación. [23]

Como se observa, se reciben exitosamente los caracteres: 'y', 'x', 'z', 'w', 'v', 'r', y un caracter especial. Las letras 'y', 'z' y 'v' modifican las variables correspondientes a las horas de alimentación; las letras 'x', 'w' y 'r' modifican las variables relacionadas con los minutos; el caracter especial tiene un equivalente numérico en el código ASCII y representa la cantidad de vueltas que debe de dar el dosificador, por lo que, dependiendo de los datos del perro, tendrá un valor diferente.

Para el cambio de hora, se puede comprobar que se reciben los caracteres correctos en la pantalla LCD. Cada vez que se presiona el botón de cambio de hora o de minutos, los valores en la pantalla LCD cambian (Figura 5.3).

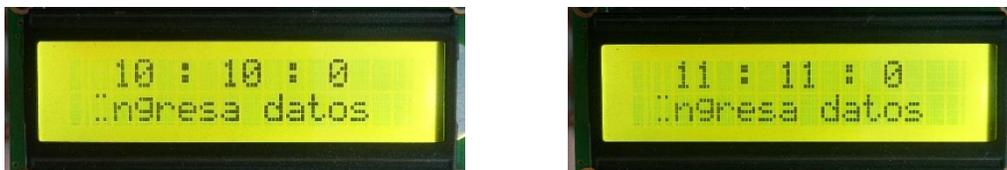


Figura 5.3.- Pantalla LCD en prueba de cambio de hora. Prueba de comunicación. [23]

Una vez que se corrobora que se reciben correctamente todos los datos desde la aplicación móvil, se procede a realizar pruebas de dosificado, con las cuales se verifica que el dosificador dispense croquetas correctamente.

5.2.- Pruebas de dosificado

En las pruebas de dosificado se comprueba que se dispense la cantidad correcta de croquetas.

En primer lugar, se realiza una prueba en la cual se energiza el servomotor del dosificador y éste realiza una serie de giros, dispensando croquetas, sin embargo, se observa que el servomotor deja de operar normalmente cuando las croquetas colisionan con las paredes de la ranura, ubicada en la base del contenedor (Figura 5.4).

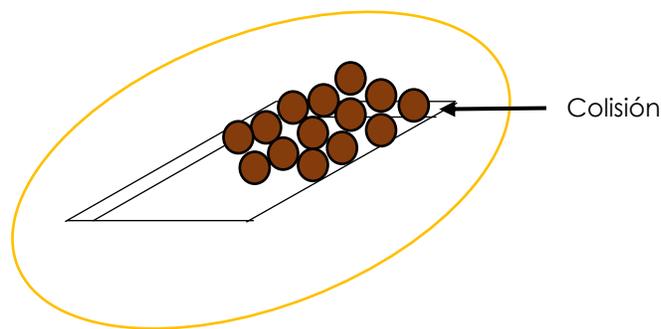


Figura 5.4.-Colisión entre croquetas y paredes de la ranura. Prueba de dosificado. [23]

Se propone entonces, colocar un material cuyas propiedades le permitan cambiar de forma al aplicarse un esfuerzo determinado y cuando éste cese, regresar a su configuración inicial. Se elige colocar un par de esponjas en la ranura del contenedor.

Las esponjas actúan como una barrera que no permite que las croquetas entren en contacto con las paredes de la ranura. El esfuerzo generado por el dosificador es suficiente como para deformar las esponjas, por lo que podrá girar libremente y se reducirán las probabilidades de atorarse (Figura 5.5).

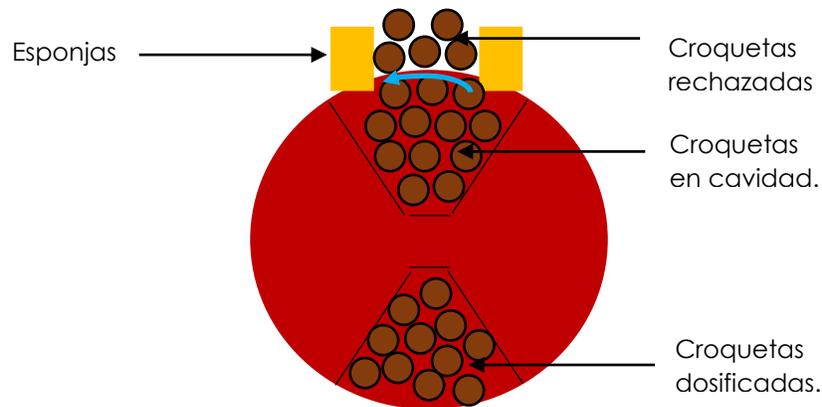


Figura 5.5.- Descripción gráfica de uso de esponjas. Prueba de dosificado [23].

Una vez colocadas las esponjas, se repite la prueba de dispensado; sin embargo, se identifica un segundo problema. En la prueba se observa que la fuerza de gravedad no es suficiente para que las croquetas lleguen a las cavidades del dosificador, presentándose el fenómeno descrito en la siguiente imagen: (Figura 5.6)

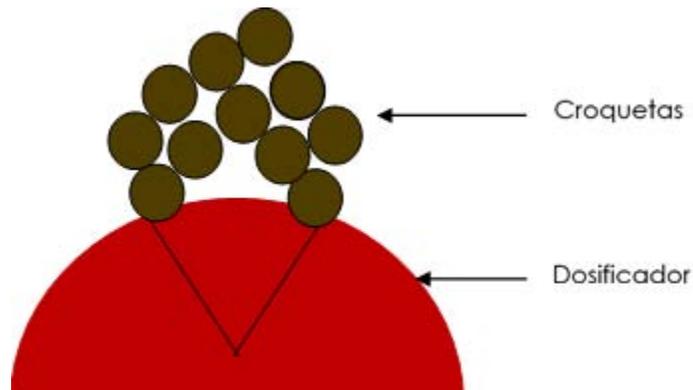


Figura 5.6.- Croquetas atoradas entre sí. Prueba de dosificado. [23]

Como se observa, las croquetas se atorán entre sí, causando que en la cavidad del dosificador no haya alimento presente y que en esa vuelta, se dispensen menos croquetas. Se propone entonces colocar un motor vibrador en la base del contenedor. Las oscilaciones generadas por el motor permiten que las croquetas vibren, promoviendo espaciamiento entre ellas y el flujo de las mismas. Adicionalmente, se utiliza el motor vibrador al momento de que la compuerta se abre, para que las croquetas puedan desplazarse de una mejor forma por el plano inclinado y llegar al plato.

Finalmente se realiza una prueba más, en donde se observa un mejor comportamiento en el dispensado, comparado con las pruebas anteriores. Al término de esta prueba, se procede a realizar otras pruebas y análisis de cantidad de alimento dispensado.

Como se menciona en el Capítulo Cuatro, la cantidad de vueltas que da el dosificador depende de la cantidad de alimento requerido por el perro y de la capacidad de dispensado del dosificador por vuelta; por lo que es necesario determinar dicha capacidad.

En la prueba, se verifica la cantidad de croquetas que se dispensa por vuelta. Como se menciona en el Capítulo Tres, el contenedor tiene una capacidad de 10 [L], por lo que es necesario probar el dosificador con distintos niveles de almacenamiento, para comprobar si el nivel de croquetas tiene algún efecto en la capacidad de empuje de las mismas y por ende, en la capacidad de dispensado. De forma anticipada, se realizan un par de pruebas con una capacidad de almacenamiento de 1 [L] y se observa que las croquetas no caen de forma adecuada en el dosificador, por lo que decide descartar este caso y definir que para un correcto funcionamiento del dispensador, es necesario tener croquetas suficientes para cubrir al menos 2 [L] del contenedor. Tomando en cuenta lo anterior, se prueban siete escenarios diferentes, en donde se llena el contenedor con croquetas que cubren de dos a ocho litros de capacidad; en cada escenario se realizan ocho pruebas diferentes.

En la Tabla 5.1 se muestran los resultados de capacidad de dispensado por vuelta en gramos [g]:

Tabla 5.1.- Resultados de prueba de dispensado por vuelta.

Capacidad [L]	Número de prueba								Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	
2	28	27	27	28.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5625
3	26	25.5	25.5	27.5	27.5	27	27	25	26.375
4	25.5	25	25.5	27	26	27.5	25	25	25.8125
5	25.5	26.5	25.5	27	27	26	26.5	25	26.125
6	28	26	25	25.5	25	25	25	26	25.6875
7	27	25	24.5	25	25	25.5	25	25	25.25
8	25	25	26	26	27	25.5	27	26.5	26
Promedio									26.11 [g]

También, se genera, con ayuda del software Microsoft Office Excel ®, la estadística descriptiva del promedio de cada escenario. Los resultados se muestran en la Tabla 5.2:

Tabla 5.2.- Estadística descriptiva. Prueba de dispensado por vuelta.

Estadística Descriptiva	
Media	26.12
Error típico	0.28
Mediana	26.00
Desviación estándar	0.73
Varianza de la muestra	0.53
Curtosis	2.79
Coficiente de asimetría	1.37
Rango	2.31
Mínimo	25.25
Máximo	27.56
Cuenta	7.00

En el Capítulo Tres, se menciona que el dosificador está diseñado para dispensar idealmente 16 [g] de croquetas por vuelta, sin embargo, debido a que las croquetas tienen diferentes geometrías, a que existe un espaciamiento entre ellas y al espesor del acrílico, el dosificador manufacturado tiene una capacidad de dispensado por vuelta de aproximadamente 26.12 [g] (media). La diferencia es significativa, sin embargo, no afecta en gran medida al momento de alimentar al perro, ya que el error disminuye conforme aumenta el peso del perro.

Por otro lado, la desviación estándar y la varianza de la muestra indican una baja dispersión de los datos; el coeficiente de curtosis y de asimetría indican que la distribución generada tiene una geometría leptocúrtica, es decir, que los datos se encuentran concentrados en el centro de la distribución. Con los parámetros anteriores, se puede asegurar que la prueba tuvo un buen nivel de repetibilidad y que la capacidad de dispensado por vuelta no es afectada por la cantidad de croquetas en el contenedor, siempre y cuando sea mayor de 2 [L].

De acuerdo a los resultados de la prueba anterior, es posible obtener la cantidad de vueltas que el dosificador debe de dar para dispensar el total de croquetas. Si la capacidad de dispensado por vuelta del dosificador es de 26.11 [g] y un perro ejemplo requiere de 100 [g] de croquetas al día, el dosificador tendrá que dar 3.82 vueltas, como se describe en la siguiente ecuación (ec 5.1):

$$\text{Número de vueltas} = \frac{100[g]}{26.11 \left[\frac{g}{\text{vuelta}}\right]} = 3.82 \text{ vueltas} \quad (\text{ec 5.1})$$

En la aplicación móvil, se redondea la cantidad obtenida al entero más próximo; si la cantidad está entre dos enteros, es decir, si la parte decimal es de 0.5, se redondea al entero par más próximo [34]. En el ejemplo descrito, el dosificador daría 4 vueltas, dispensado en total, aproximadamente 104.44 [g] y tendría, por lo tanto, un error aproximado de 4.25 %.

Como es de esperarse, la mayoría de los perros requieren de más de 26.11 [g] por porción, por lo que es necesario determinar la cantidad de alimento dispensado con más de una vuelta del dosificador. Se define entonces una prueba en donde el dosificador de 10 vueltas. Al igual que la prueba de dosificado por vuelta, se generan siete escenarios diferentes y ocho pruebas por escenario.

En la Tabla 5.3 se muestran los resultados de cada prueba en gramos [g]:

Tabla 5.3.- Resultados de prueba de dispensado de 10 vueltas.

Capacidad [L]	Número de repetición								Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	
2	219	253	255	264	245	255	276	273	255
3	250	233	235	245	256	258	250	230	244.62
4	248	252	235	250	245	251	285	247	251.62
5	250	246	300	250	253	254	230	255	254.75
6	257	254	254	252	251	250	254	252	253
7	243	250	248	250	231	234	254	252	245.25
8	228	212	236	245	244	245	250	245	238.12
Promedio									248.91 [g]

Durante la ejecución de la prueba, se identifica que existen casos en los que el dosificador se atora, por lo que se considera como una prueba no exitosa y se distingue de las demás con un fondo amarillo.

En una prueba no exitosa, el dosificador da una vuelta de más o una vuelta de menos, sin embargo, es importante recalcar que éste sigue funcionando, así como todo el sistema. En el caso descrito, el perro se alimentará con una cantidad menor o mayor a la cantidad ideal.

Se realiza un análisis estadístico de todas las pruebas y se presentan en la Tabla 5.4:

Tabla 5.4.- Estadística descriptiva. Prueba de dispensado de 10 vueltas.

Estadística Descriptiva	
Media	248.910714
Error típico	1.88195063
Mediana	250
Desviación estándar	14.083229
Varianza de la muestra	198.337338
Curtosis	3.47079363
Coefficiente de asimetría	0.6739998
Rango	88
Mínimo	212
Máximo	300
Cuenta	56

Como se observa, la media de las pruebas es de 248.9 [g], lo cual, está por debajo del resultado esperado, que es 261.2 [g]. Se tiene un error de 4.94 %, que es parecido al error teórico del ejemplo presentado anteriormente. Por otro lado, el rango muestra como entre el mínimo y el máximo hay una diferencia de 88 [g], lo cual indica una dispersión considerable; sin embargo, el caso mínimo (212 [g]) y el máximo (300 [g]) son únicos, en un total de 56 casos. Por otro lado, la desviación estándar muestra una variación de 14.08 [g], los cuáles no representan una cantidad significativa para un perro que se alimente con 261.2 [g], por lo que se concluye que el dispensador dosifica una cantidad de croquetas próxima a la ideal un error menor al 10 %.

Una vez verificada la comunicación entre la aplicación móvil y la dosificación de croquetas, se puede realizar la prueba que describe el último proceso en la alimentación del perro; la prueba de reconocimiento.

5.3.- Pruebas de reconocimiento

Como se menciona en el Capítulo Cuatro, el sensor RFID cuenta con dos módulos diferentes; el módulo activo y el módulo pasivo.

El módulo activo se encuentra en una de las paredes del dispensador, cercano al plato. Por su parte, el módulo pasivo se encuentra encapsulado en un llavero y se coloca en el collar del perro, sin embargo, para un solo módulo activo puede haber una gran cantidad de módulos pasivos, por lo que se debe de asegurar que el módulo que se coloque en el collar del perro sea el correcto.

La prueba de reconocimiento consiste en verificar los números de identificación de dos tarjetas RFID diferentes y definir una de ellas como la "Tarjeta correcta" y la otra, como la "Tarjeta incorrecta". Para la identificación de los números, se utiliza el ATmega328 y el monitor de puerto serial. Se escribe un programa en donde se imprime en la pantalla de la terminal el número de cada tarjeta (Figura 5.7).

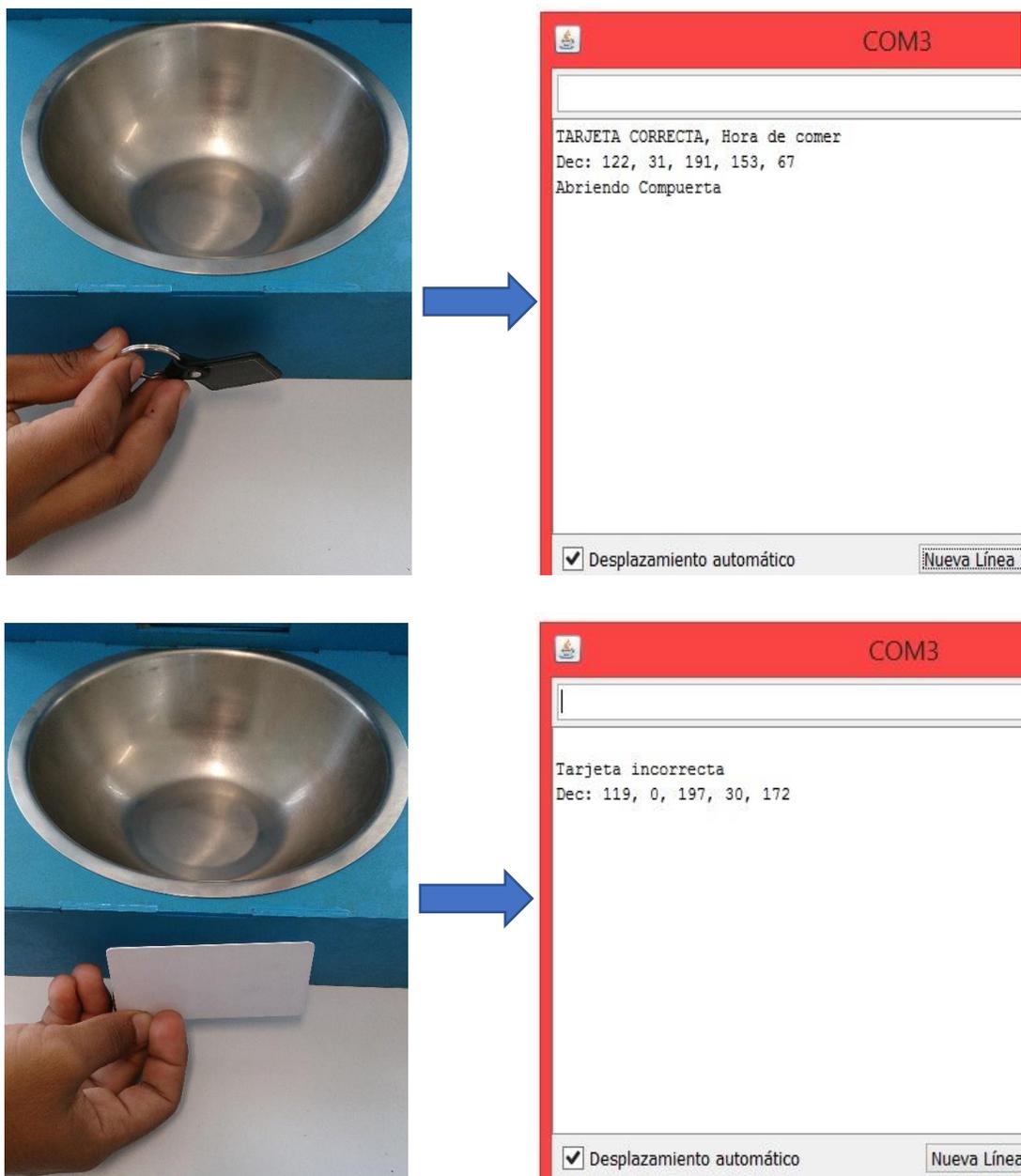


Figura 5.7.- Números de identificación de tarjetas en monitor de puerto serial. Prueba de reconocimiento. [23]

Para el caso de la tarjeta encapsulada en el llavero, es decir, la "tarjeta correcta" se tiene el número 122, 31, 191, 153, 67; para la "tarjeta incorrecta", se tiene el número 119, 0, 197, 30, 172. Finalmente, se almacena el número de la "tarjeta correcta" en el microcontrolador y se realiza una prueba de funcionamiento con la compuerta.

Cuando todas las pruebas han sido efectuadas, es posible realizar una prueba de funcionamiento del dispensador con su configuración final, con la cual, se corrobora que todas las etapas de alimentación interactúen y funcionen correctamente.

5.4.- Prueba de funcionamiento en laboratorio

La prueba de funcionamiento en laboratorio consiste en probar todos los sistemas en conjunto. Su principal objetivo es obtener un plato con la cantidad correcta de croquetas para un perro definido.

Los pasos que se siguieron para la prueba de funcionamiento fueron los siguientes:

1.- Reiniciar el dispensador y asegurarse de que las croquetas ocupen al menos 2 [L] del contenedor. Lo anterior se debe a que las variables del dispensador deben de ser restablecidas y se puede corroborar con la luz roja del LED RGB. Por otro lado, como se menciona con anterioridad, si las croquetas ocupan menos de 2 [L], existe la posibilidad de que no se dispensen adecuadamente (Figura 5.8).



Figura 5.8.- LED indicador RGB con luz roja. [23]

2.- Habilitar la comunicación Bluetooth del dispositivo móvil y abrir la aplicación: "Croquematic"³. (Figura 5.9)



Figura 5.9.- Aplicación móvil en entorno Android OS. [23]

³ Se sugiere el nombre de "Croquematic" para la aplicación móvil y como posible nombre comercial.

3.- Si la hora en la pantalla LCD es diferente a la hora actual, elegir la opción de "Cambiar Hora" en la aplicación móvil (Figura 5.10).



Figura 5.10.- Botón de cambio de hora en aplicación móvil. [23]

4.- Esperar a que el dispositivo móvil y el módulo Bluetooth se sincronicen y cambiar el estado del switch enclavado del dispensador a "Programar" (Figura 5.11).



Figura 5.11.- Switch enclavado de programación. [23]

5.- Si se requiere cambiar las horas, presionar el botón "Hora"; si se requiere cambiar los minutos, presionar "Minutos". Verificar la hora en la pantalla LCD (Figura 5.12).



Figura 5.12.- Botones para cambio de hora en aplicación móvil. [23]

6.- Cuando la hora en el dispensador y la hora actual sean la misma, cambiar el estado del switch enclavado del dispensador a "Trabajar" presionar el botón "Programar" en la aplicación móvil (Figura 5.13).

**Posiciona el botón en "Trabajo" y
presiona el botón "Programar"**

Programar

Regresar

Figura 5.13.- Botón "Programar" en aplicación móvil. [23]

7.- Presionar el botón "Iniciar" de la aplicación móvil (Figura 5.14).

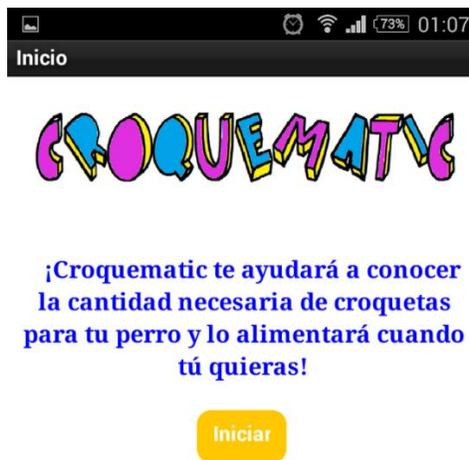


Figura 5.14.- Botón "Iniciar" en aplicación móvil. [23]

8.- Introducir el peso del perro, recordando que el peso máximo permitido, según las especificaciones del proyecto, es de 45 [Kg] (Figura 5.15).

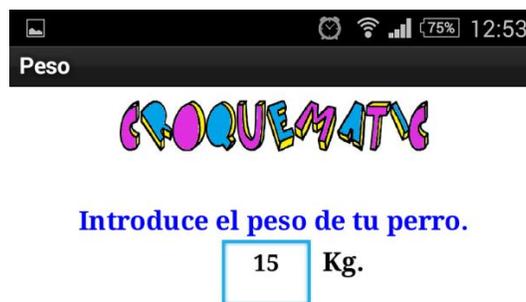


Figura 5.15.- Text Box para peso del perro en aplicación móvil. [23]

9.- Elegir entre las tres opciones de actividad física, tomando en cuenta que una actividad nula se refiere a que el perro está todo el día en casa, sin correr; una actividad regular se refiere a que el perro sale a caminar por lo menos una vez al día; una actividad intensa se refiere a un perro que tiene un entrenamiento especializado con duración de mayor a una hora (Figura 5.16).

Selecciona el tipo de actividad que hace tu perro

- Nula
- Regular
- Intensa

Figura 5.16.- Check Box para actividad del perro en aplicación móvil. [23]

10.- Elegir entre las tres opciones de horario, tomando en cuenta que para perros menores de un año, es recomendable alimentarlos tres veces al día; para perros menores a 10 años, es recomendable alimentarlos dos veces al día; para perros mayores a 10 años, se puede alimentar una o dos veces al día (Figura 5.17).

¿Cuántas veces al día quieres que coma tu perro?

- Una vez
- Dos veces
- Tres veces

Figura 5.17.- Check Box para selección de horario en aplicación móvil. [23]

11.- Presionar el botón "Calcular" y verificar la cantidad de croquetas que se debe de comer al día (Figura 5.18).

Calcular

La cantidad ideal que tu perro debe de comer es:

242 gramos.

Figura 5.18.- Text Box para cantidad ideal de croquetas. [23]

12.- Presionar el botón "Horario" y esperar a que los dispositivos se sincronicen nuevamente (Figura 5.19).

Para programar el horario de alimentación presiona el botón:



Figura 5.19.- Botón "Horario" en aplicación móvil. [23]

13.- Si se eligió alimentar al perro una vez al día, se deberá de ajustar un solo horario; si se eligió alimentar al perro dos veces al día, se deberán de ajustar dos horarios y tres si se eligió alimentar al perro tres veces al día. Para logra lo anterior, se cambia el estado del switch enclavado del dispensador a "Programar" y se presionan los botones de "Hora" y "Minutos" en la aplicación móvil para definir el horario de alimentación. Verificar la hora definida en la pantalla de la aplicación móvil. Para una mayor comodidad del usuario, cada vez que se presiona el botón de "Minutos", éstos varían con un cambio de 10 unidades, es decir que si se tiene un horario definido de 12:40 [hrs], el siguiente horario posible será de 13:00 [hrs] (Figura 5.20).

Ajusta el reloj para alimentar a tu perro



Figura 5.20.- Ajuste de horarios de alimentación en aplicación móvil. [23]

14.- Una vez definido(s) el(los) horario(s) de alimentación, cambiar el estado del switch enclavado del dispensador a "Trabajar" y presionar el botón "Programar" de la aplicación móvil. Para verificar que el dispensador ha quedado programado se puede visualizar el cambio de luz del LED RGB a color azul (Figura 5.21).



Figura 5.21.- LED indicador RGB con luz azul. [23]

15.- Cerrar la aplicación móvil y esperar al primer horario de alimentación.

16.- Cuando el horario de alimentación es el mismo que la hora actual, el motor vibrador y el servomotor del dosificador se activan.

17.- Cuando se dosifica la cantidad correcta de croquetas, se desactiva el motor vibrador y el servomotor; se activa la alarma y en la pantalla LCD se muestra el mensaje de "Alimento Listo" (Figura 5.22).



Figura 5.22.- Mensaje "Alimento Listo" en pantalla LCD. [23]

18.- Se acerca al dispensador la "Tarjeta incorrecta" RFID y se verifica que el zumbador eléctrico reproduce dos tonos cortos y que la compuerta no se abre.

19.- Se acerca al dispensador la "Tarjeta correcta" RFID y se verifica que el zumbador eléctrico reproduce un tono largo y que la compuerta y el motor vibrador se activan.

20.- La compuerta se cierra y se toma el plato removible con croquetas. El plato se pesa en una báscula de cocina estándar (Figura 5.23).

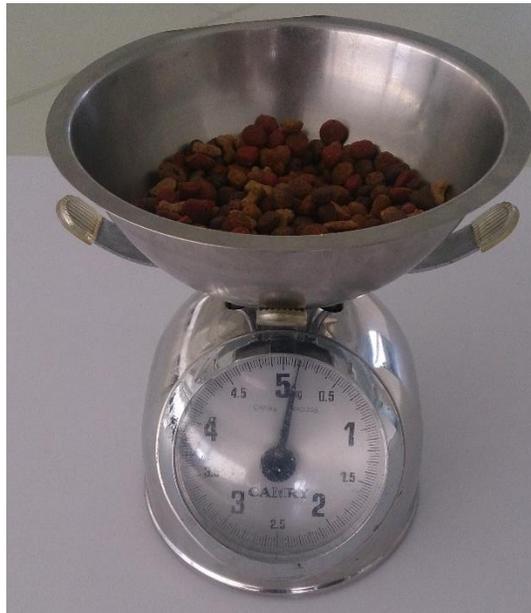


Figura 5.23.- Pesaje de croquetas dispensadas. [23]

21.- Se verifica que la cantidad de croquetas dispensadas y la cantidad de croquetas requeridas tengan un valor cercano.

22.- En caso de elegir dos o tres horarios de alimentación, se espera al siguiente horario de alimentación y se repiten los pasos 16 - 22.

23.- Fin de la prueba.

La prueba de funcionamiento, al igual que el proceso de dispensado y alimentación, se divide en tres etapas: la etapa de programación, la etapa de dosificación y la etapa de reconocimiento.

Para la etapa de programación, se tienen resultados satisfactorios ya el dispensador dosifica comida en los horarios definidos; además, el contador de vueltas del servomotor del dosificador alcanza la cantidad de vueltas necesarias, definidas por la aplicación móvil.

Para la etapa de dosificación, los resultados no fueron los esperados, ya que la cantidad de croquetas dosificadas difiere por algunos gramos de la cantidad ideal; sin embargo, la diferencia no afecta en ninguna medida la salud del perro. Por otro lado, se puede definir una holgura o tolerancia debido al parámetro de la actividad física ya que ésta puede variar cada día y por lo tanto, también lo podrá hacer la cantidad de croquetas necesarias para el perro.

Para la etapa de reconocimiento, se tiene un buen resultado, ya que las tarjetas probadas responden correctamente a las instrucciones programadas. La "tarjeta incorrecta" impide el suministro de comida a un perro no asociado con el dispensador y la "tarjeta correcta" permite la activación de la compuerta para que el perro se alimente.

Una vez comprobado el funcionamiento del sistema completo, es posible diseñar una tarjeta de circuitos impresa en donde se incluyen todos los elementos eléctricos y electrónicos.

La tarjeta impresa ocupa menor espacio que las tabletas de prototipo y permite que se reduzcan las probabilidades de errores causados efectos capacitivos o de antena. A continuación se muestra el diseño de la tarjeta electrónica (Figura 5.24).

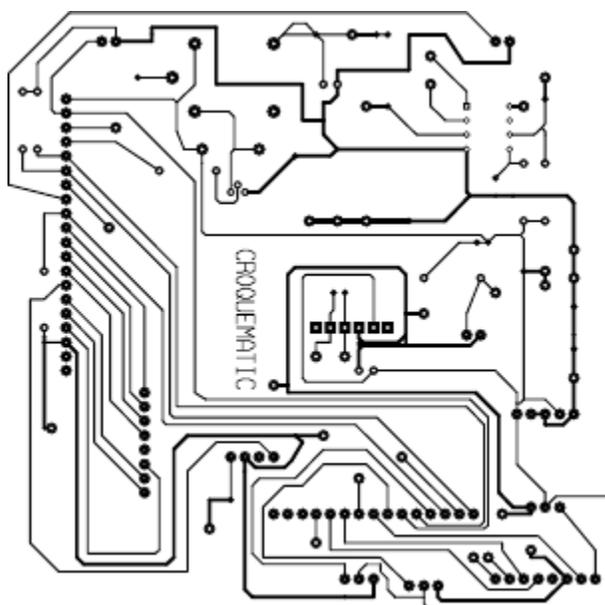


Figura 5.24.- Diseño de tarjeta electrónica. [23]

Después de generar la tarjeta fenólica, se sueldan todos los componentes y se prueba una vez más el sistema completo, para asegurar el correcto funcionamiento de éste aún con la tarjeta electrónica presente.

Cuando se han probado todos los sistemas y se ha corroborado que funcionan correctamente, es posible efectuar una última prueba, en donde se analiza el comportamiento del dispensador en el entorno esperado, es decir, con un perro.

5.5.- Prueba de funcionamiento en entorno esperado

El dispensador de croquetas está diseñado para alimentar a un perro con la cantidad de croquetas necesaria y en un horario definido; es por eso que se debe de probar el funcionamiento del mismo con un perro cualquiera.

En la prueba de funcionamiento en el entorno esperado, se siguen los mismos pasos de la prueba de funcionamiento en laboratorio, sin embargo, en esta prueba se espera que un perro se acerque al dispensador para que sea alimentado.

Se realizó la prueba con un perro raza *Dachshund* de aproximadamente 11 [Kg] y que realiza una actividad física regular. (Figura 5.25)



Figura 5.25.- Perro raza Dachshund de 11 [Kg] [23]

En la aplicación móvil se ingresaron los datos mencionados del perro y se definió que dicho perro debe de comer 196 [g] al día (Figura 5.26).

A screenshot of a mobile application interface. The screen is titled "Peso" and "Guardando captura...". It contains several sections: "Introduce el peso de tu perro." with a text input field containing "11 Kg."; "Selecciona el tipo de actividad que hace tu perro" with radio buttons for "Nula", "Regular" (checked), and "Intensa"; "¿Cuántas veces al día quieres que coma tu perro?" with radio buttons for "Una vez" (checked), "Dos veces", and "Tres veces"; and "Para programar el horario de alimentación presiona el botón:" with a blue "Horario" button and a grey "Salir" button. On the right side, there is a yellow "Calcular" button and a result display: "La cantidad ideal que tu perro debe de comer es: 196 gramos." The bottom of the screen shows a standard Android navigation bar.

Figura 5.26.- Ingreso de datos del perro y cálculo de croquetas necesarias. [23]

Se programó el dispensador a las 12:00 hrs y se esperó a que llegara el horario definido.

Una vez dispensado el alimento, se colocó la "tarjeta correcta" RFID en el collar del perro y se esperó a que éste se acercara a la máquina para ser alimentado, sin embargo, al no estar entrenado, se tuvo que tomar un pedazo de carne y colocarlo en el plato para que así entendiera que podía comer del mismo.

El perro se acercó al plato, sin embargo, la distancia entre la "tarjeta correcta" y el módulo activo no permitió que éste identificara la tarjeta, por lo que se desprendió la tarjeta del collar y se activó la compuerta. El perro comió satisfactoriamente del plato de croquetas del dispensador. (Figura 5.27)



Figura 5.27.- Perro comiendo del dispensador de croquetas. [23]

La prueba cumplió satisfactoriamente las tres etapas de alimentación (programación, dosificación y reconocimiento) y logró alimentar a un perro de una raza mediana satisfactoriamente.

Finalmente, con los resultados obtenidos, es posible generar conclusiones, en donde se analiza todo el proceso de diseño y se discute si éste cumplió con los objetivos generales descritos en el Capítulo Uno. Las conclusiones se describen en el siguiente capítulo.



6. Conclusiones.

En este capítulo se presentan los argumentos finales provenientes de los resultados de las pruebas de funcionamiento del Capítulo Cinco y del proceso de diseño que se siguió durante el desarrollo del proyecto.

Existen muchas metodologías de diseño y cada una de ellas genera distintas aportaciones en el desarrollo de un proyecto. Algunas metodologías se enfocan en la eficiencia, otras en el tiempo de desarrollo y otras se enfocan en el aspecto económico. El uso de una u otra metodología depende de las características propias del proyecto, así como de los diseñadores y del equipo de trabajo. El objetivo final es desarrollar diseños funcionales y para ello no existe una metodología absoluta.

La metodología que se siguió toma elementos de distintas metodologías, como son, la de diseño de productos, de Ulrich-Eppinger o el enfoque sistémico de proyectos. Las investigaciones previas permitieron la identificación de agentes de diseño, los cuales definieron las necesidades y especificaciones que delimitaron el desarrollo del proyecto, posteriormente se seccionó el proyecto en sistemas, lo cual permitió un desarrollo ordenado y limpio. Se generaron soluciones para cada sistema y se definió la configuración que otorgaba los mayores beneficios de acuerdo a las metas definidas por los diseñadores, como son, el tiempo de entrega o el presupuesto disponible. Finalmente, se realizaron las pruebas de funcionamiento, en donde se generaron las siguientes conclusiones, basadas en el análisis de resultados:

1.- En la prueba de dosificado se identificó que el sistema no trabaja correctamente si las croquetas ocupan un volumen inferior a 2 [L] en el contenedor definido o si el perro a alimentar excede los 45 [Kg]. Se definen entonces restricciones de uso, las cuales deben de ser tomadas en cuenta para que el dispensador trabaje correctamente.

2.- En un ambiente de trabajo real, el sistema tiene probabilidades de fallar por diversas razones, como son, una falla en el suministro de la red eléctrica o que el dispensador cambie su posición de operación, es decir, que se voltee. Se recomienda entonces, inspeccionar el estado del dispensador y del perro con la mayor frecuencia posible.

3.- Como en cualquier dispositivo, se recomienda la verificación de funcionamiento de todos los sistemas por medio de un servicio de mantenimiento.

4.- En la prueba de funcionamiento en el ambiente de trabajo real, se detectó que la distancia necesaria para que el modulo activo RFID detecte a la tarjeta pasiva es menor a 2 [cm], por lo que el perro debe de acercarse mucho al plato y es posible que no se identifique y por lo mismo no se otorguen las croquetas. Aunque la tecnología RFID demostró ser efectiva al momento de reconocer al perro, la distancia del módulo activo para la identificación de tarjetas no es la adecuada, por lo que se propone cambiar dicho módulo por alguno capaz de detectar tarjetas RFID a una mayor distancia. Es importante recalcar que la lógica de programación, así como los sistemas definidos no se ven alterados por dicho cambio.

5.- En la prueba de funcionamiento en el entorno real, se observó que el perro se acercó a la máquina en un principio, identificando el olor de las croquetas, sin embargo, al momento de que el dispensador generó la alarma indicando que el alimento había sido dosificado, el perro hizo caso omiso. Se concluye que es necesario implementar una etapa de entrenamiento para que el perro identifique el momento en el que pueda alimentarse.

6.- En general, la actividad física de cualquier perro es diferente cada día y por consecuencia, también lo es su requerimiento calórico. Por otro lado, se determinó que la varianza entre el alimento dispensado y el alimento necesario no es significativa. Se concluye entonces que el hecho de que se dispensen cantidades diferentes cada vez no significa un riesgo en la salud del perro a largo plazo. De cualquier forma, se recomienda que se realicen visitas al veterinario por lo menos tres veces al año para asegurarse que el perro se desarrolla de forma saludable. [35]

7.- En la prueba de funcionamiento en el entorno real, se observó que el perro reaccionó con molestia y nerviosismo al activarse el motor vibrador, sin embargo, este efecto terminó en los segundos consecuentes y el perro se alimentó exitosamente del plato del dispensador. Se concluye que aun con la molestia generada, el perro se alimenta correctamente y es posible que en el futuro, el perro se acostumbre al sonido de las vibraciones y el efecto de nerviosismo se detenga.

Tomando en cuenta lo anterior, se concluye que el modelo funcional (Figura 6.1) cumplió con su objetivo. El usuario fue capaz de programar el dispensador por medio de una interfaz móvil y de conocer la cantidad de croquetas necesarias para su perro en particular; el dispensador dosificó una cantidad definida de croquetas en un horario determinado y por medio de un sistema de identificación, el perro tuvo acceso a las croquetas, alimentándose de una forma saludable.



Figura 6.1.- Modelo funcional Croquematic.

Como punto final, con el desarrollo del presente trabajo se puede concluir que los ingenieros son los que deben investigar nuevas tecnologías y generar nuevas ideas para mejorar el funcionamiento del dispensador, sin embargo, no se debe de descartar la asesoría de un equipo multidisciplinario, que permita generar opiniones desde distintos puntos de vista y enriquecer el proyecto. En última instancia, la innovación y la diversificación de ideas es lo que permite generar diseños funcionales y atractivos desde un punto de vista ingenieril y comercial.



7. Trabajo a futuro.

En este capítulo se proponen alternativas de solución, mejoras o implementación de nuevas funciones que permitan al dispensador trabajar en una mayor cantidad de escenarios y que corrijan algunos de los errores detectados en el Capítulo Cinco y Capítulo Seis para finalmente elevar el potencial que tiene el proyecto.

Como se menciona anteriormente, el proyecto tiene como finalidad el desarrollo de un modelo funcional de un dispensador automático y programable. En un modelo funcional, no se toma en cuenta la apariencia del proyecto (modelo de apariencia) y para el caso particular de este proyecto, tampoco se toma en cuenta el aspecto económico, sin embargo, el dispensador puede llegar a tener alcances comerciales, por lo que se proponen algunas alternativas que, para el criterio de los diseñadores, eleven el potencial del mismo.

Se proponen las siguientes opciones para ser consideradas en desarrollos futuros:

1.- En las pruebas de funcionamiento en el entorno real se observó que la distancia para detectar al perro por medio del sistema RFID es menor a 2 [cm], lo cual puede ocasionar que el perro no sea identificado y por ende, no se alimente. Se propone colocar un módulo activo con una capacidad de identificación mayor, con lo que se da una mayor tolerancia para que el perro pueda ser identificado. En el mercado es posible conseguir módulos RFID de hasta 15 [cm] de detección con precios similares al módulo con el que cuenta el dispensador.

2.- En las pruebas de dosificado se observa que existen posibilidades de que las croquetas se atoren en el dosificador y por lo tanto, que el perro no coma la cantidad ideal de croquetas. Se proponen las siguientes soluciones:

- Disminuir el espacio que existe entre el elemento móvil y las paredes del dosificador para que las croquetas se adapten mejor a las cavidades del dosificador.
- Implementar paletas no rígidas, que permitan dosificar las croquetas y en caso de que éstas se atoren, las paletas continúen moviéndose, evitando así, que el dosificador realice más o menos vueltas.

3.- En las pruebas de funcionamiento en el entorno real se observó que el sonido provocado por las vibraciones al momento de dosificar alimento es molesto para el perro y para el usuario. Se propone utilizar un acoplamiento tipo embudo en el contenedor de croquetas que desemboque en la ranura que comunica con el dosificador. Con lo anterior, es posible disminuir la intensidad de las vibraciones y por lo tanto, el ruido.

4.- En la prueba de funcionamiento en el entorno real se observó que el perro puede comer satisfactoriamente en el plato del dispensador, sin embargo, existen perros más grandes, y se piensa que éstos pueden tener complicaciones al momento de comer en dicho plato. Se propone entonces realiza un estudio que determine si es necesario modificar la altura del plato y de ser así, que se realice el cambio.

5.- Como se menciona en las especificaciones del proyecto, el dispensador está diseñado para perros de razas pequeñas, medianas y grandes, excluyendo las gigantes. Se propone el rediseño del contenedor y del plano inclinado, para que puedan almacenar la cantidad de croquetas necesarias para un perro gigante.

6.- Cuando el dispensador es programado, el usuario tiene que estar en presencia de éste para accionar el *switch* enclavado, sin embargo, para algunos usuarios puede resultar atractivo programar el dispensador de forma remota. Se propone utilizar alguna tecnología que permita la programación del dispensador a distancia.

7.- Para algunos usuarios, puede resultar fundamental saber si su perro se alimentó correctamente, por lo que se propone implementar una alerta que notifique al usuario cuando el perro haya comido.

8.- Como se menciona en el Capítulo Cinco, una de las restricciones para el buen funcionamiento del dispensador es que las croquetas ocupen una capacidad mínima de 2 [L]. Se propone implementar una alarma que notifique al usuario si se ha llegado al límite de capacidad adecuada para que así, éste pueda verter más croquetas, asegurando un funcionamiento óptimo del dispensador.

9.- Como se menciona anteriormente, el presente proyecto tiene como finalidad el desarrollo de un modelo funcional, sin embargo, como un proyecto futuro, se propone la inclusión de un equipo multidisciplinario que permita el desarrollo de nuevas etapas en el proceso de diseño, como son, el desarrollo de un modelo de apariencia, el desarrollo de un prototipo y finalmente, el desarrollo de un producto final.

10.- En el modelo funcional del dispensador se utilizaron componentes y materiales comprados en tiendas de distribuidores, sin embargo, si se planea el desarrollo comercial del proyecto, es relevante conocer el costo de manufactura y desarrollo en producción masiva, utilizando componentes y materiales con precios de mayoreo y posiblemente, importados de otros países.

Finalmente, se propone el análisis de cada uno de los sistemas descritos, definir los procesos que se llevan a cabo en los mismos y proponer nuevas soluciones para una mejora continua.



Anexos.

Código fuente PIC16F887.

//Código de programa en PIC16F887 para Tesis: "Dispensador Automático de Croquetas para Perro"

//A continuación se inicializa librerías y parámetros de trabajo:

```
#include <16F887.h>
#fuses HS,NOWDT,MCLR
#use delay(clock=20MHz)
#use rs232(BAUD=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)
#use I2C(master, sda=PIN_C4, scl=PIN_C3)
#use standard_io(B)
#include <ds1307.c>
#include <LCD.c>
#define LCD_DATA_PORT getenv("SFR:PORTD")
ds1307_init();
```

//Se definen las variables para reloj-calendario

```
BYTE sec;
BYTE min;
BYTE hrs;
```

//Se definen las variables de trabajo

```
int letra=1, control=0;
int min1=0, hrs1=0,min2=0, hrs2=0,min3=0, hrs3=0, contador=0, cantidad, bandera=0;
```

//Bloque de interrupción externa para contador de vueltas de dosificador (señal de Arduino)

```
#INT_EXT
void Interrupcion()
{
    if(input(PIN_B0))
    {
        contador=contador+1;
    }
}
// Termina bloque de interrupción
```

//Bloque de función de alarma y habilitación de compuerta

```
void alarma()
{
    bandera=1;
    output_high(PIN_B1);
    delay_ms(850);
    output_low(PIN_B1);
    delay_ms(250);
    output_high(PIN_B1);
    delay_ms(850);
    output_low(PIN_B1);
    output_high(PIN_B4);
    bandera=0;
}
//Termina bloque de función alarma
```

//Bloque de función dispensado, donde se activan las señales de activación

```
//para el servomotor del dosificador y del vibrador.
void dispensado()
```

```

{
    output_high(PIN_B3);
    output_high(PIN_B5);
} // Termina función dispensado.

// Bloque de función termino, donde se desactiva el servomotor y el vibrador, se
// llama a la función alarma y se restaura el reloj en tiempo real.
void termino()
{
    output_low(PIN_B3);
    delay_ms(6000);
    output_low(PIN_B5);
    alarma();
    contador=0;
    lcd_gotoxy(5,1);
    lcd_putc("          ");
    lcd_gotoxy(2,1);
    lcd_putc("Alimento Listo");

    if(control==1)
    {
        ds1307_set_date_time(17,6,2014,2,hrs1,min1+1,10);
        ds1307_get_time(hrs,min,sec);
    }

    if(control==2)
    {
        ds1307_set_date_time(17,6,2014,2,hrs2,min2+1,10);
        ds1307_get_time(hrs,min,sec);
    }

    if(control==3)
    {
        ds1307_set_date_time(17,6,2014,2,hrs3,min3+1,10);
        ds1307_get_time(hrs,min,sec);
    }

    delay_ms(49000);
    lcd_gotoxy(1,1);
    lcd_putc("          ");
} // Termina bloque de función termino.

// Bloque de programa principal
void main()
{
    // Se definen las condiciones iniciales de trabajo, se recupera la hora en tiempo real
    // y se habilita el permiso de interrupción.
    delay_ms(2000);
    lcd_init();
    // ds1307_set_date_time(17,6,2014,2,5,29,20); Define reloj en tiempo real, sólo para la primer
    // programación.

    output_low(PIN_D3);
    output_high(PIN_C1);
    disable_interrupts(GLOBAL);
}

```

```

clear_interrupt(INT_EXT);
EXT_INT_EDGE(L_TO_H);
enable_interrupts(INT_EXT);
enable_interrupts(GLOBAL);
lcd_gotoxy(3,2);
lcd_putc("Croquematic");

//Inicia ciclo infinito
while(true)
{

//Bloque para programación captura de caracteres y programación de horario
if(input(PIN_B2))
{
lcd_gotoxy(0,2);
lcd_putc(" Ingresa datos");
letra=getc();
    cantidad=letra;
    putc(letra);

    //Caracter para el cambio de hora, Horario Uno.
    if(letra=='y')
    {
        if(hrs1<24)
        {
            hrs1=hrs1+1;
        }

        if(hrs1>23)
        {
            hrs1=0;
        }

        output_low(PIN_C1);
        output_high(PIN_D3);
    } //Termina programación hrs1 (y)

    //Caracter para el cambio de minuto, Horario Uno.
    if(letra=='x')
    {
        if(min1<60)
        {
            min1=min1+10;
        }

        if(min1>50)
        {
            min1=0;
        }

        output_low(PIN_C1);
        output_high(PIN_D3);
    } //Termina programación min 1 (x)

```

```

//Caracter para el cambio de hora, Horaio Dos.
if(letra=='z')
{
    if(hrs2<24)
    {
        hrs2=hrs2+1;
    }

    if(hrs2>23)
    {
        hrs2=0;
    }
} //Termina programación hrs2 (z)

//Caracter para el cambio de minuto, Horaio Dos.
if(letra=='w')
{
    if(min2<60)
    {
        min2=min2+10;
    }

    if(min2>50)
    {
        min2=0;
    }
} //Termina programación min 2 (w)

//Caracter para el cambio de hora, Horaio Tres.
if(letra=='v')
{
    if(hrs3<24)
    {
        hrs3=hrs3+1;
    }

    if(hrs3>23)
    {
        hrs3=0;
    }
} //Termina programación hrs3 (v)

//Caracter para el cambio de minuto, Horaio Tres.
if(letra=='r')
{
    if(min3<60)
    {
        min3=min3+10;
    }
}

if(min3>50)

```

```

        {
            min3=0;
        }

} //Termina programación min 3 (r)

//Caracter para cambio de Hora en reloj en tiempo real.
if(letra=='h')
{
    if(hrs<24)
    {
        hrs=hrs+1;
    }

    if(hrs>23)
    {
        hrs=0;
    }

    ds1307_set_date_time(17,6,2014,2,hrs,min,0);
    ds1307_get_time(hrs,min,sec);
    lcd_gotoxy(3,1);
    printf(lcd_putc,"%d : %d : %d ", hrs, min,sec);
} // Termina programación Hora (h)

//Caracter para cambio de Minuto en reloj en tiempo real.
if(letra=='m')
{
    if(min<60)
    {
        min=min+1;
    }

    if(min>59)
    {
        min=0;
    }

    ds1307_set_date_time(17,6,2014,2,hrs,min,0);
    ds1307_get_time(hrs,min,sec);
    lcd_gotoxy(3,1);
    printf(lcd_putc,"%d : %d : %d ", hrs, min,sec);
} //Termina programación Minuto (m)

//Caracter para finalizar programación. Limpiar pantalla
if(letra=='o')
{
    lcd_gotoxy(1,1);
    lcd_putc(" ");
    lcd_gotoxy(1,2);
    lcd_putc(" ");
    lcd_gotoxy(2,1);
    lcd_putc(" Finalizado");
    delay_ms(1500);
}

```

```

        lcd_putc("          ");
    }

} // termina bloque captura caracteres (input B1)

//inicia bloque de comparación de horas
else
{
    lcd_gotoxy(2,2);
    lcd_putc(" Croquematic ");

    //Comparación de Hora y Minuto en tiempo real y Horario Uno.
    if(hrs==hrs1)
    {
        if(min==min1)
        {
            //Llama función dispensado
            lcd_gotoxy(2,1);
            printf(lcd_putc,"Dispensando%d ", contador);
            control=1;
            dispensado();
        }

        //Verifica si las vueltas del dosificador y las programadas son las
        //necesarias, de ser así, se llama a la función termino.
        if(contador==cantidad)
        {
            termino();
        }

    } // Termina comparación de Horario Uno.

    //Comparación de Hora y Minuto en tiempo real y Horario Dos.
    if(hrs==hrs2)
    {
        if(min==min2)
        {
            lcd_gotoxy(2,1);
            printf(lcd_putc,"Dispensando%d ", contador);
            control=2;
            dispensado();
        }

        //Verifica si las vueltas del dosificador y las programadas son las
        //necesarias, de ser así, se llama a la función termino.
        if(contador==cantidad)
        {
            termino();
        }

    } // Termina comparación de Horario Dos

    //Comparación de Hora y Minuto en tiempo real y Horario Tres.
    if(hrs==hrs3)

```

```

{
    if(min==min3)
    {
        lcd_gotoxy(2,1);
        printf(lcd_putc,"Dispensando%d ", contador);
        control=3;
        dispensado();
    }
    //Verifica si las vueltas del dosificador y las programadas son las
    //necesarias, de ser así, se llama a la función termino.
    if(contador==cantidad)
    {
        termino();
    }
} //Termina comparación Horario Tres

//Bloque para deshabilitar la compuerta.
if(input(PIN_B6))
{
    output_low(PIN_B4);
} //Termina bloque de deshabilitación de compuerta

//Bloque para la activación de compuerta
if(input(PIN_B7))
{
    if(bandera==0)
    {
        lcd_gotoxy(1,1);
        lcd_putc(" Alimentando ");
        delay_ms(1000);
        output_high(PIN_B5);
        delay_ms(6500);
        output_low(PIN_B5);
        lcd_gotoxy(1,1);
        lcd_putc(" ");
        ds1307_set_date_time(17,6,2014,2,hrs,min,sec+10);
        ds1307_get_time(hrs,min,sec);
    }
} //Termina bloque para activación de compuerta.

//Impresión de hora en pantalla LCD.
ds1307_get_time(hrs,min,sec);
lcd_gotoxy(3,1);
printf(lcd_putc,"%d : %d : %d ", hrs, min,sec);

} //Termina bloque de comparación de horarios
} //Termina ciclo infinito

} // Termina programa principal

```

Código fuente Arduino UNO.

```
//Código de programa en Arduino UNO para Tesis: "Dispensador Automático de Croquetas para Perro"
//A continuación se incluyen las librerías para el RFID y los servomotores
#include <SPI.h>
#include <RFID.h>
#include <Servo.h>
//Se definen pines de RFID
#define SS_PIN 10
#define RST_PIN 9
RFID rfid(SS_PIN, RST_PIN);
//Se escribe el número de la tarjeta correcta.
int serNum0 = 122;
int serNum1 = 31;
int serNum2 = 191;
int serNum3 = 153;
int serNum4 = 67;

//Se definen variables de trabajo
Servo Ser1;
float alfa;
int led=4;
char letra;
int i;
int ent=2;
int salida=3;
int bandera=6;
int buzz= 7;
Servo SerPuerta;
float beta;

//Bloque de trabajo que se hace al iniciar el dispensador
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  SPI.begin();
  rfid.init();

  pinMode(buzz,OUTPUT);
  pinMode(led,OUTPUT);
  pinMode(ent,INPUT);
  pinMode(bandera,INPUT);
  pinMode(salida,OUTPUT);

  Ser1.attach(5);
  SerPuerta.attach(8);
  alfa=10;
  beta=150;
}
```

```

//Inicio del loop
void loop()
{
    digitalWrite(salida,LOW);
    Ser1.write(alfa);
    SerPuerta.write(beta);
    //Cuando el pin de lectura (ent) esta en alto, se inicia un ciclo for para el movimiento del
    Servomotor de dosificación
    //al final del ciclo se activa un pin de salida (led) para la interrupción en el PIC16F887.
    if(digitalRead(ent)==HIGH)
    {
        if(alfa>180)
        {
            alfa=160;
        }
        if(alfa<0)
        {
            alfa=10;
        }
        if(alfa<15)
        {
            alfa=10;
            for(i=0; i<30; i++)
            {
                alfa=alfa+2;
                Ser1.write(alfa);
                delay(50);
            }
            for(i=0; i<4; i++)
            {
                alfa=alfa-5;
                Ser1.write(alfa);
                delay(30);
            }
            for(i=0; i<2; i++)
            {
                alfa=alfa+5;
                Ser1.write(alfa);
                delay(30);
            }
            for(i=0; i<2; i++)
            {
                alfa=alfa-5;
                Ser1.write(alfa);
                delay(30);
            }
            for(i=0; i<55; i++)
            {
                alfa=alfa+2;
                Ser1.write(alfa);
                delay(50);
            }
        }
    }
}

```

```

digitalWrite(led,HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(led,LOW);
delay(500);
}

if(digitalRead(ent)==HIGH)
{
  if(alfa>150)
  {
    for(i=0; i<40; i++)
    {
      alfa=alfa-2;
      Ser1.write(alfa);
      delay(50);
    }
    for(i=0; i<4; i++)
    {
      alfa=alfa+5;
      Ser1.write(alfa);
      delay(30);
    }
    for(i=0; i<2; i++)
    {
      alfa=alfa-5;
      Ser1.write(alfa);
      delay(30);
    }
    for(i=0; i<2; i++)
    {
      alfa=alfa+5;
      Ser1.write(alfa);
      delay(30);
    }
    for(i=0; i<50; i++)
    {
      alfa=alfa-2;
      Ser1.write(alfa);
      delay(50);
    }
    digitalWrite(led,HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(led,LOW);
    delay(500);
  }
}
} //Fin de bloque que controla el dosificador.

```

```

//Inicio de bloque para RFID cuando el pin de lectura (bandera) está en alto
//evitando que se abra la compuerta cuando no haya comida en el plano inclinado.
if(digitalRead(bandera)==HIGH)
{
  SerPuerta.write(beta);
  if (rfid.isCard())
  {
    if (rfid.readCardSerial())
    {
      if (rfid.serNum[0] != serNum0
          && rfid.serNum[1] != serNum1
          && rfid.serNum[2] != serNum2
          && rfid.serNum[3] != serNum3
          && rfid.serNum[4] != serNum4
          )
        //Si la tarjeta no corresponde a los numeros (DEC) se muestra tarjeta incorrecta.
        //Se enciende también una alarma de doble sonido.
        {
          Serial.println(" ");
          Serial.println("Tarjeta incorrecta");
          Serial.print("Dec: ");
            Serial.print(rfid.serNum[0],DEC);
          Serial.print(", ");
            Serial.print(rfid.serNum[1],DEC);
          Serial.print(", ");
            Serial.print(rfid.serNum[2],DEC);
          Serial.print(", ");
            Serial.print(rfid.serNum[3],DEC);
          Serial.print(", ");
            Serial.print(rfid.serNum[4],DEC);
          Serial.println(" ");
          digitalWrite(led,LOW);
          digitalWrite(buzz,HIGH);
          delay(200);
          digitalWrite(buzz,LOW);
          delay(200);
          digitalWrite(buzz,HIGH);
          delay(200);
          digitalWrite(buzz,LOW);
          delay(500);
        }
        //Si la tarjeta corresponde a los numeros (DEC) se muestra tarjeta correcta y se activa el
servomotor
        //que abre la compuerta para poder alimentar al perro.
        //Se enciende también una alarma mas larga.
        else
        {
          Serial.println("TARJETA CORRECTA, Hora de comer");
          Serial.print("Dec: ");
            Serial.print(rfid.serNum[0],DEC);
          Serial.print(", ");
            Serial.print(rfid.serNum[1],DEC);
          Serial.print(", ");
            Serial.print(rfid.serNum[2],DEC);
        }
      }
    }
  }
}

```

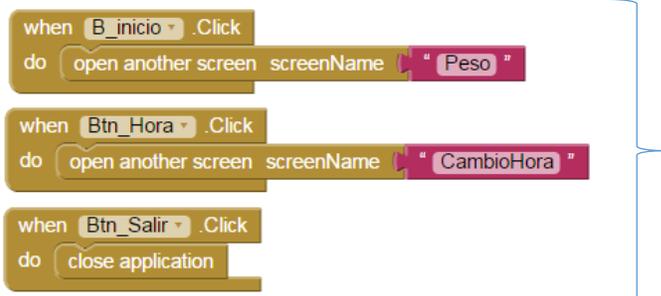
```

Serial.print(" ");
    Serial.print(rfid.serNum[3],DEC);
Serial.print(" ");
    Serial.print(rfid.serNum[4],DEC);
Serial.println(" ");
Serial.println("Abriendo Compuerta");
digitalWrite(buzz,HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(buzz,LOW);
delay(1500);
for(i=0; i<45; i++)
{
    beta=beta-2;
    SerPuerta.write(beta);
    delay(50);
}
delay(5000);
for(i=0; i<45; i++)
{
    beta=beta+2;
    SerPuerta.write(beta);
    delay(50);
}
delay(1000);
digitalWrite(salida,HIGH);
delay(3000);
digitalWrite(salida,LOW);
}
}
rfid.halt();
}
} //Fin del bloque que controla el RFID y la compuerta.
} //Fin del loop.

```

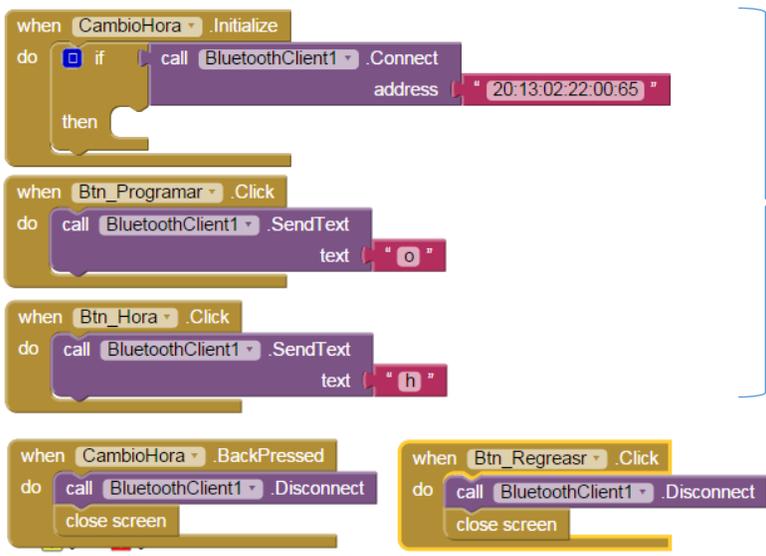
Diagrama de bloques para aplicación móvil. MIT App Inventor.

Pantalla de Inicio



Programación de botones para cambio de pantalla y para finalizar aplicación.

Pantalla de Cambio de Hora



Establece comunicación con dispositivo Bluetooth® con la dirección MAC 20:13:02:22:00:65 y envío de caracteres al presionar botones.

Regresa a pantalla de Inicio y desconecta dispositivo Bluetooth®.

Pantalla de Ingreso de Datos:

```
initialize global K to 0
initialize global Cc to 3.35
initialize global Peso to 0
initialize global Cantidad to 0
initialize global Aux1 to 0
initialize global Aux2 to 0
```

Inicialización de variables.

```
when B_Calculo . Click
do
  call Lb_Peso . HideKeyboard
  if CB_Nula . Checked
  then set global K to 99
  if CB_Regular . Checked
  then set global K to 132
  if CB_Intensa . Checked
  then set global K to 160
  set global Peso to Lb_Peso . Text
  set B_Calculo . Enabled to B_Calculo . Enabled
  set global Aux1 to get global Peso ^ 0.67
  set global Aux2 to get global K * get global Aux1
  set global Cantidad to round get global Aux2 / get global Cc
  set TB_Gramos . Text to get global Cantidad
```

Cálculo de cantidad de croquetas necesaria.
Ecuación 1.4, Capítulo Dos.

```
when B_Horario . Click
do
  if CB_Una . Checked
  then open another screen with start value screenName "HorarioUno"
    startValue get global Cantidad
  if CB_Dos . Checked
  then open another screen with start value screenName "HorarioDos"
    startValue get global Cantidad
  if CB_Tres . Checked
  then open another screen with start value screenName "HorarioTres"
    startValue get global Cantidad

when B_Salir . Click
do close application
```

Selección de horario y cambio de pantalla.

Pantalla de Horario Uno

```

when HorarioUno.Initialize
do
  call Notificacion.ShowDialog
  message "Asegúrate habilitar la conexión Bluetooth"
  title "Advertencia"
  buttonText "Aceptar"
  set global Cantidad to get start value
  set TB_Cantidad.Text to get global Cantidad
  set TB_Porción.Text to get global Cantidad / 1
  if call BluetoothClient1.Connect
  address "20:13:02:22:00:65"
  then
  initialize global Envio to 0
  initialize global Minutos to 0
  initialize global Horas to 0
  initialize global Cantidad to 0
  
```

Inicializa pantalla; cálculo de porción de alimento, conexión Bluetooth e inicialización de variables.

```

when B_Min.Click
do
  if get global Minutos < 50
  then
    set global Minutos to get global Minutos + 10
    set TB_Min.Text to get global Minutos
  else
    set global Minutos to 0
    set TB_Min.Text to get global Minutos
  call BluetoothClient1.SendText
  text "x"
when B_Hora.Click
do
  if get global Horas < 23
  then
    set global Horas to get global Horas + 1
    set TB_Hora.Text to get global Horas
  else
    set global Horas to 0
    set TB_Hora.Text to get global Horas
  call BluetoothClient1.SendText
  text "y"
  
```

Programación de botón Minuto y Hora, modificando su valor en la pantalla de la aplicación y enviando el carácter definido cada vez que son presionados.

```

when B_Programar.Click
do
  set global Envio to round(get global Cantidad / 26.11) + 0
  call BluetoothClient1.SendByteNumber
  number get global Envio
  set Label17.Text to get global Envio
  
```

Envío de variable numérica asignada al número de vueltas de dosificador; ecuación 5.1, Capítulo Cinco.

```

when B_Salida.Click
do
  close application
  
```

Salida de la aplicación.

Pantalla de Horario Dos:

```

initialize global Hora1 to 0
initialize global Minuto2 to 0
initialize global Envio to 0
initialize global Cantidad to 0
initialize global Hora2 to 0
initialize global PIC to 0
initialize global Minuto1 to 0

when HorarioDos.Initialize
do
  call Notificacion.ShowDialog
  message "Asegúrate de habilitar la conexión Bluetooth"
  title "Advertencia"
  buttonText "Aceptar"
  set global Cantidad to get start value
  set TB_Cantidad.Text to get global Cantidad
  set TB_Porcion.Text to round(get global Cantidad / 2)
  set global PIC to round(get global Cantidad / 2)
  if call BluetoothClient1.Connect
  address "20:13:02:22:00:65"
  then
  
```

Inicializa variables, cálculo de porción de alimento, conexión Bluetooth.

```

when B_Hora1.Click
do
  if get global Hora1 < 23
  then
    set global Hora1 to get global Hora1 + 1
    set TB_Hora1.Text to get global Hora1
  else
    set global Hora1 to 0
    set TB_Hora1.Text to get global Hora1
  end if
  call BluetoothClient1.SendText
  text "y"

when B_Hora2.Click
do
  if get global Hora2 < 23
  then
    set global Hora2 to get global Hora2 + 1
    set TB_Hora2.Text to get global Hora2
  else
    set global Hora2 to 0
    set TB_Hora2.Text to get global Hora2
  end if
  call BluetoothClient1.SendText
  text "z"

when B_Min1.Click
do
  if get global Minuto1 < 50
  then
    set global Minuto1 to get global Minuto1 + 10
    set TB_Min1.Text to get global Minuto1
  else
    set global Minuto1 to 0
    set TB_Min1.Text to get global Minuto1
  end if
  call BluetoothClient1.SendText
  text "x"

when B_Min2.Click
do
  if get global Minuto2 < 50
  then
    set global Minuto2 to get global Minuto2 + 10
    set TB_Min2.Text to get global Minuto2
  else
    set global Minuto2 to 0
    set TB_Min2.Text to get global Minuto2
  end if
  call BluetoothClient1.SendText
  text "w"

```

Programación de botón Minuto y Hora (dos horarios), modificando su valor en la pantalla de la aplicación y enviando el carácter definido cada vez que son presionados.

```

when B_Programar .Click
do
  set global Envio to round (get global PIC / 26.11) + 0
  call BluetoothClient1 .Send1ByteNumber
  number get global Envio

when B_Salir .Click
do
  call BluetoothClient1 .Disconnect
  close application

```

Envío de variable numérica asignada al número de vueltas de dosificador; ecuación 5.1, Capítulo Cinco.

Salida de la aplicación.

Pantalla de Horario Tres:

```

initialize global Minuto3 to 0
initialize global Hora3 to 0
initialize global Cantidad to 0
initialize global Minuto1 to 0
initialize global PIC to 0
initialize global Hora2 to 0
initialize global Hora1 to 0
initialize global Minuto2 to 0
initialize global Envio to 0

when HorarioTres .Initialize
do
  call Notificacion .ShowMessageDialog
  message "Asegurate de habilitar la conexión Bluetooth"
  title "Advertencia"
  buttonText "Aceptar"
  set global Cantidad to get start value
  set TB_Cantidad .Text to get global Cantidad
  set TB_Porcion .Text to round (get global Cantidad / 3)
  set global PIC to round (get global Cantidad / 3)
  if call BluetoothClient1 .Connect
  address "20:13:02:22:00:65"
  then

```

Inicializa variables, cálculo de porción de alimento, conexión Bluetooth.

```

when B_Hora1 .Click
do
  if get global Hora1 <= 23
  then
    set global Hora1 to get global Hora1 + 1
    set TB_Hora1 .Text to get global Hora1
  else
    set global Hora1 to 0
    set TB_Hora1 .Text to get global Hora1
  call BluetoothClient1 .SendText
  text "Y"

when B_Min1 .Click
do
  if get global Minuto1 <= 50
  then
    set global Minuto1 to get global Minuto1 + 10
    set TB_Min1 .Text to get global Minuto1
  else
    set global Minuto1 to 0
    set TB_Min1 .Text to get global Minuto1
  call BluetoothClient1 .SendText
  text "X"

when B_Hora2 .Click
do
  if get global Hora2 <= 23
  then
    set global Hora2 to get global Hora2 + 1
    set TB_Hora2 .Text to get global Hora2
  else
    set global Hora2 to 0
    set TB_Hora2 .Text to get global Hora2
  call BluetoothClient1 .SendText
  text "Z"

when B_Min2 .Click
do
  if get global Minuto2 <= 50
  then
    set global Minuto2 to get global Minuto2 + 10
    set TB_Min2 .Text to get global Minuto2
  else
    set global Minuto2 to 0
    set TB_Min2 .Text to get global Minuto2
  call BluetoothClient1 .SendText
  text "W"

when B_Hora3 .Click
do
  if get global Hora3 <= 23
  then
    set global Hora3 to get global Hora3 + 1
    set TB_Hora3 .Text to get global Hora3
  else
    set global Hora3 to 0
    set TB_Hora3 .Text to get global Hora3
  call BluetoothClient1 .SendText
  text "V"

when B_Min3 .Click
do
  if get global Minuto3 <= 50
  then
    set global Minuto3 to get global Minuto3 + 10
    set TB_Min3 .Text to get global Minuto3
  else
    set global Minuto3 to 0
    set TB_Min3 .Text to get global Minuto3
  call BluetoothClient1 .SendText
  text "U"

```

Programación de botón Minuto y Hora (tres horarios), modificando su valor en la pantalla de la aplicación y enviando el carácter definido cada vez que son presionados.

```

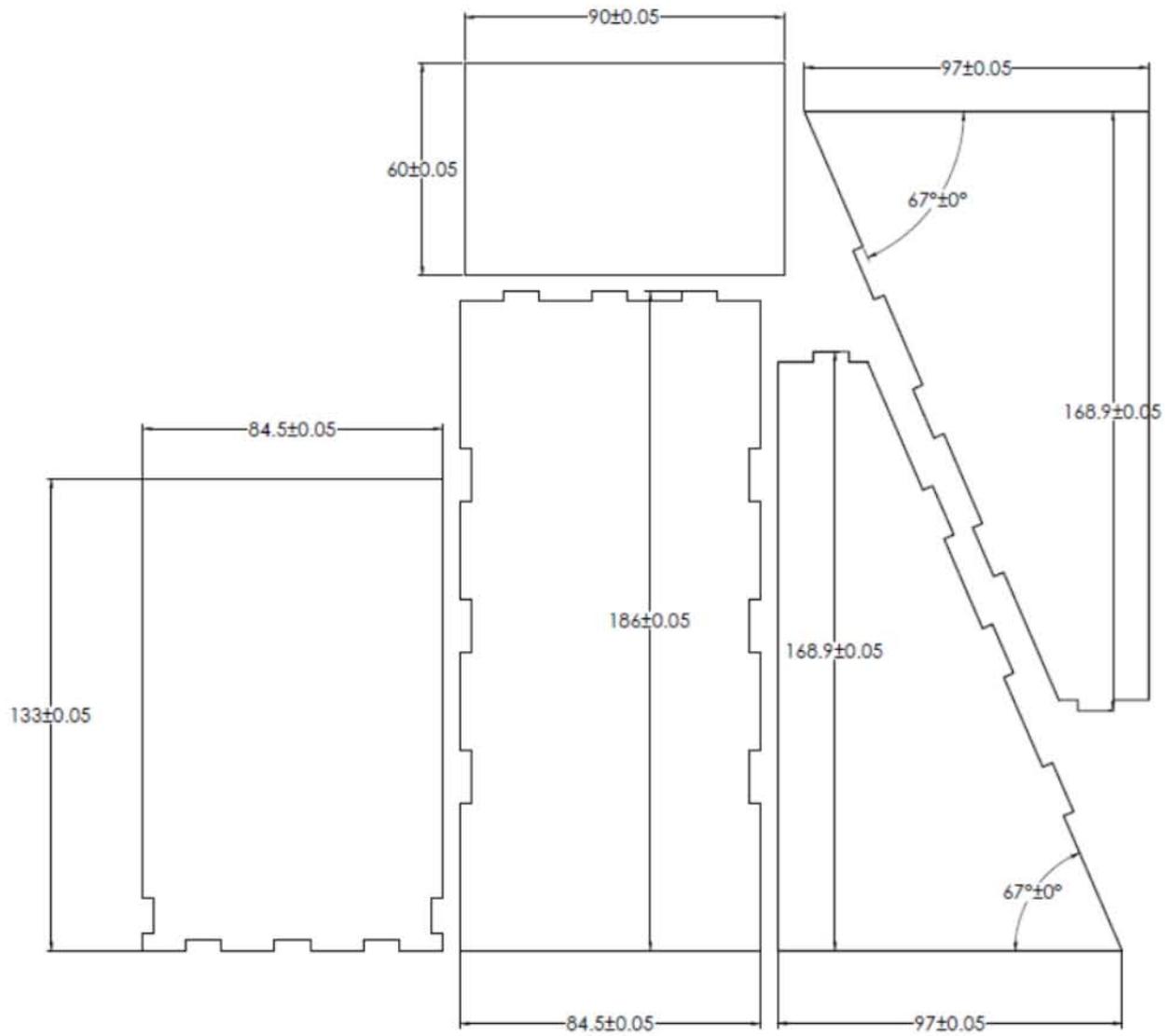
when B_programar .Click
do
  set global Envio to round (get global PIC / 26.11)
  call BluetoothClient1 .Send1ByteNumber
  number get global Envio

when B_Salida .Click
do
  call BluetoothClient1 .Disconnect
  close application

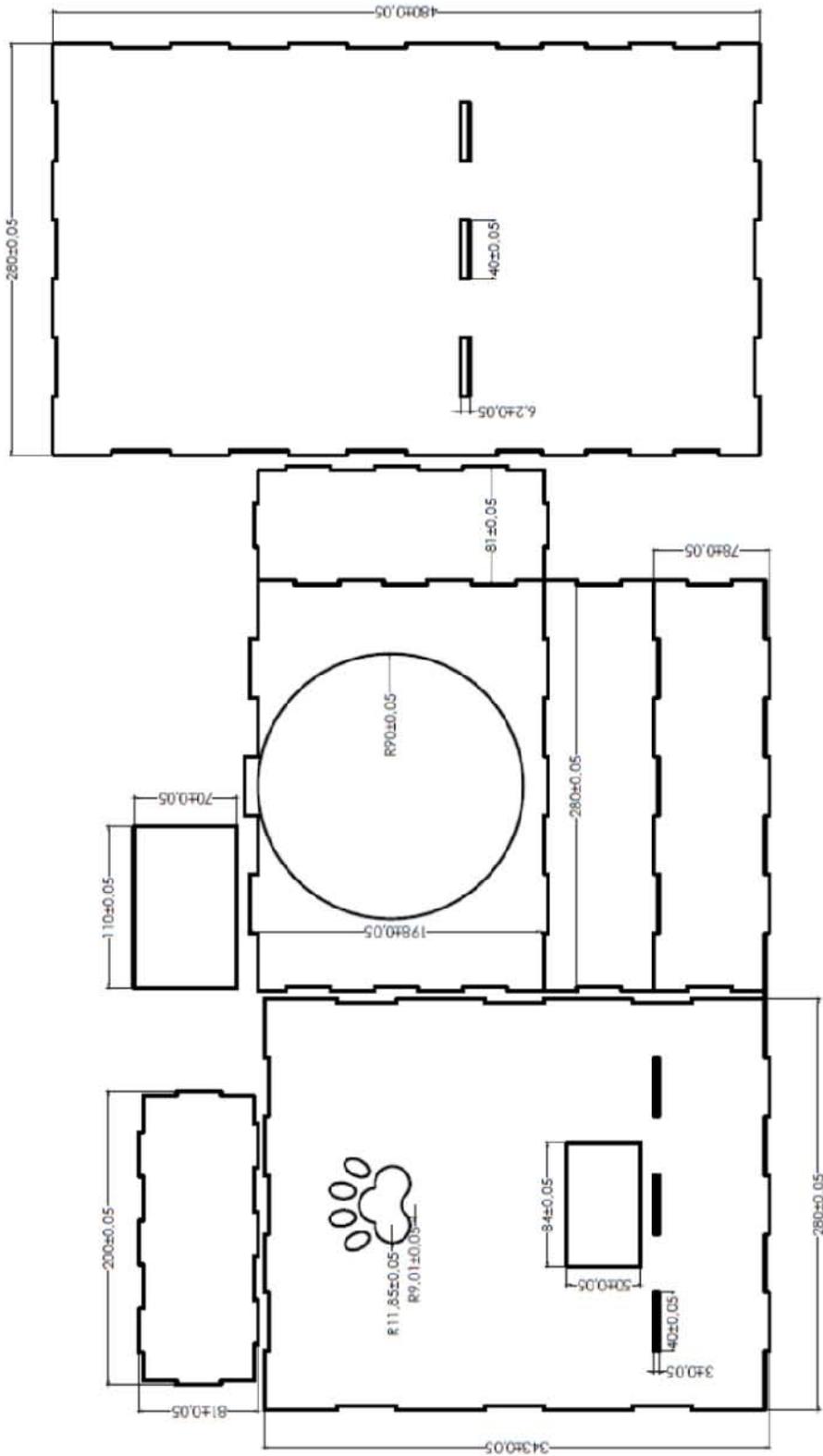
```

Envío de variable numérica asignada al número de vueltas de dosificador; ecuación 5.1, Capítulo Cinco.
Salida de la aplicación.

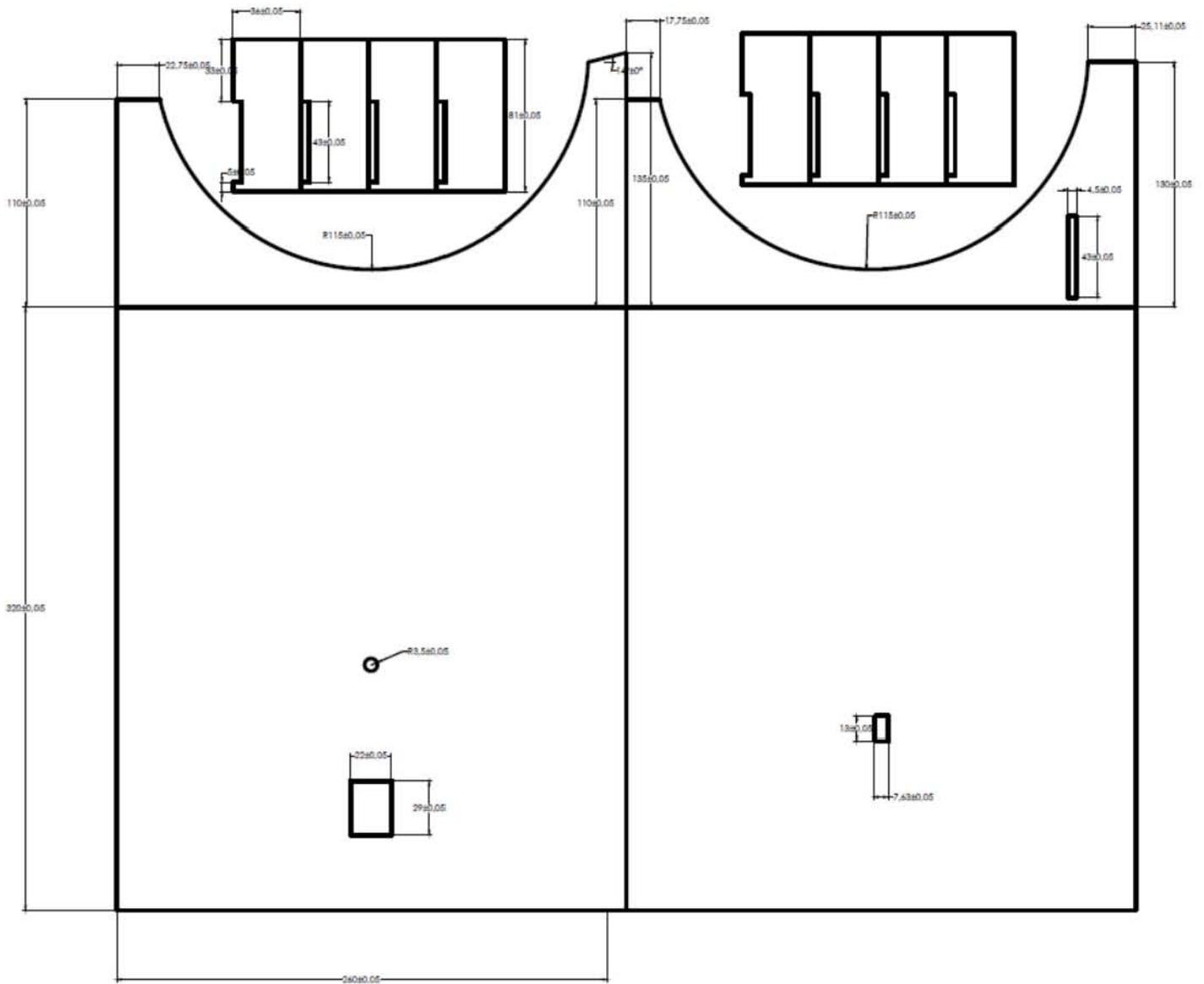
Planos.



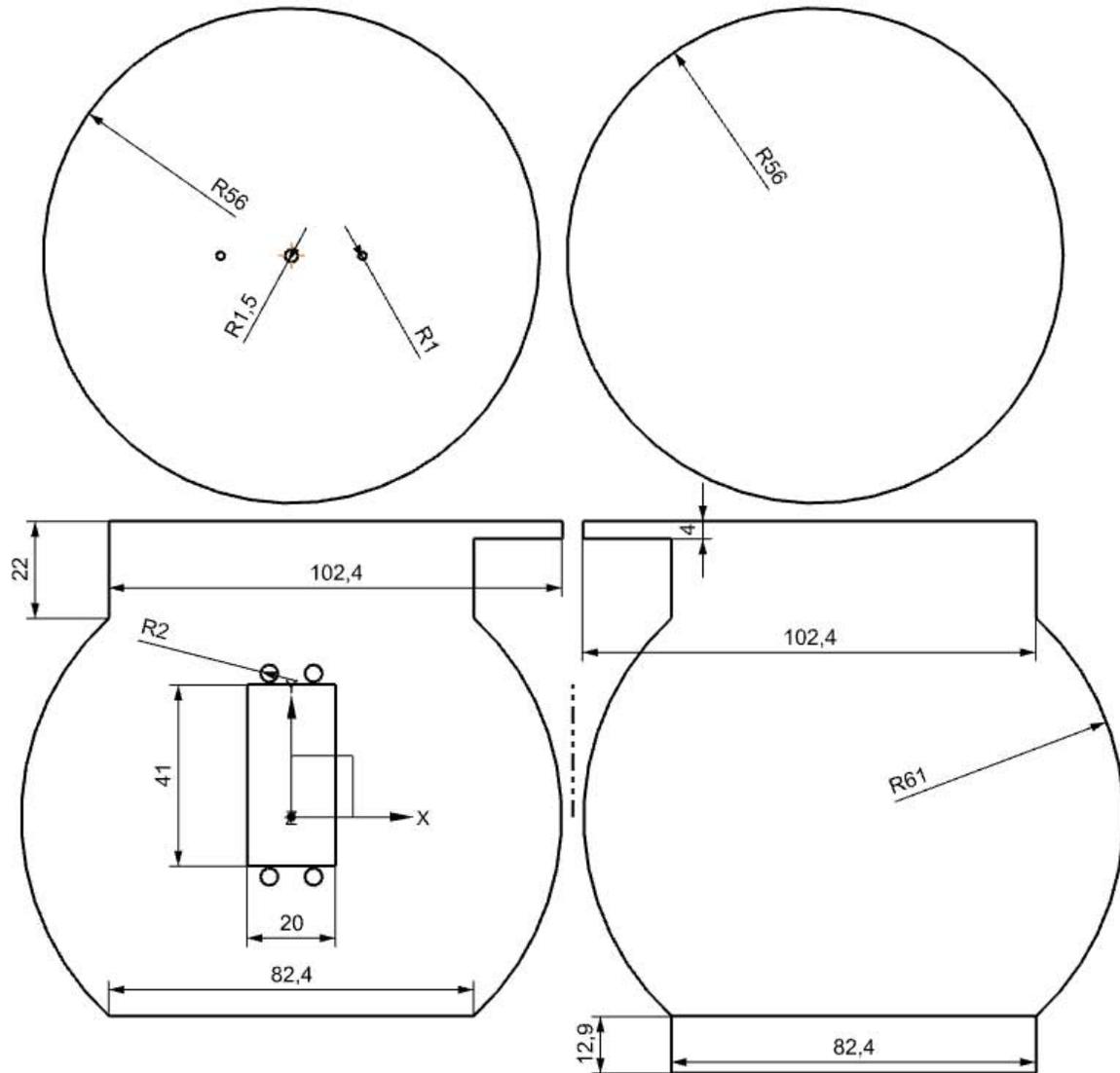
	Universidad Nacional Autónoma de México	
	Proyecto: Dispensador de Croquetas para Perros	
	Plano: Diseño Plano Inclinado	
	Diseño: González, Picazo	Cotas: [mm]
Revisó: Ing. Yair Buatista Blanco		Fecha: Octubre 2014



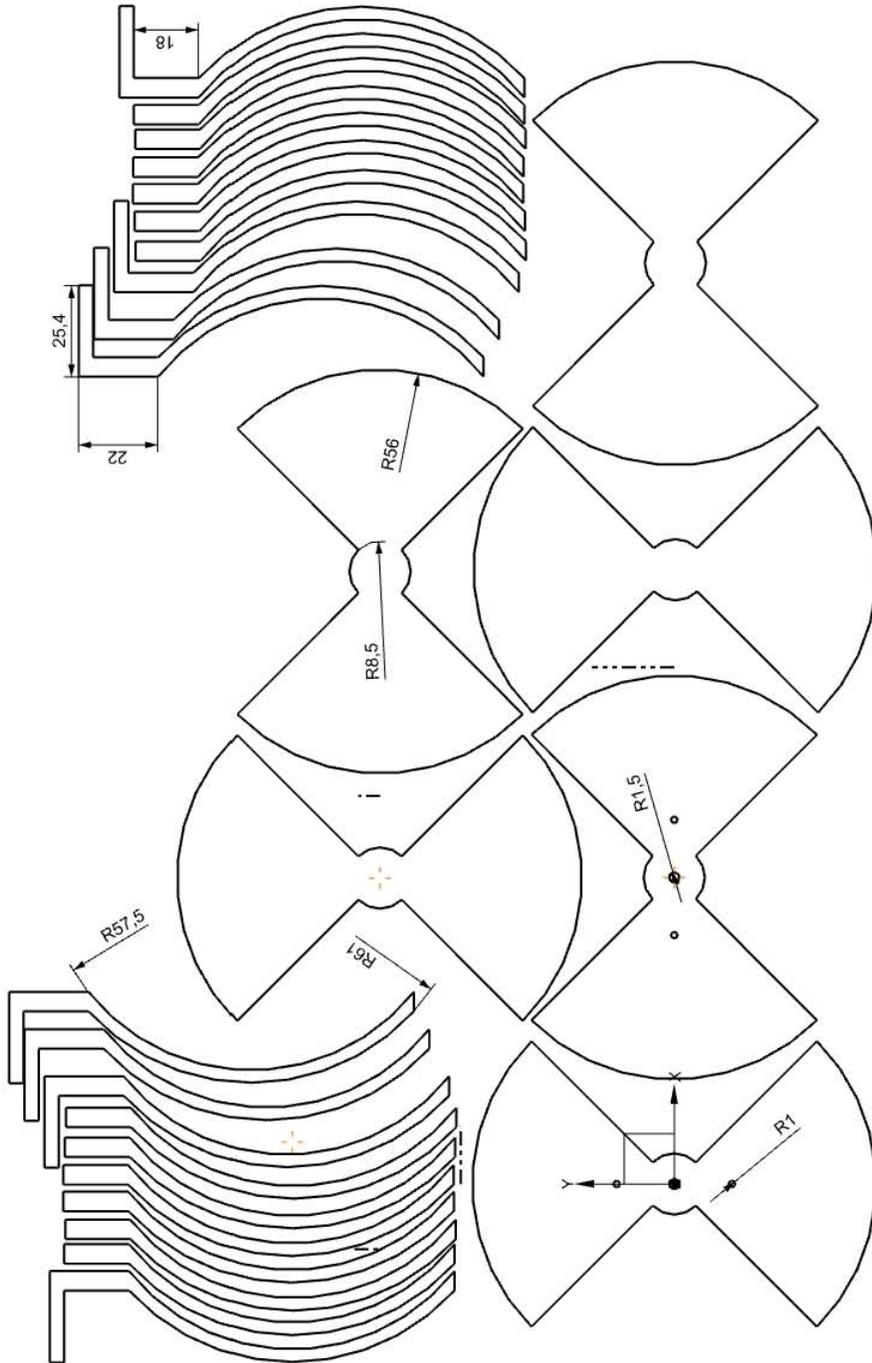
	Universidad Nacional Autónoma de México	
	Proyecto: Dispensador de Croquetas para Perros	
	Plano: Diseño de cuerpo del dispensador	
	Diseño: González, Picazo	Cotas: [mm]
Revisó: Ing. Yair Buatista Blanco	Fecha: Octubre 2014	



	Universidad Nacional Autónoma de México	
	Proyecto: Dispensador de Croquetas para Perros	
	Plano: Diseño de tapas laterales del dispensador	
	Diseño: González, Picazo	Cotas: [mm]
Revisó: Ing. Yair Buatista Blanco	Fecha: Octubre 2014	



	Universidad Nacional Autónoma de México	
	Proyecto: Dispensador de Croquetas para Perros	
	Plano: Diseño de tapas laterales del dosificador	Tolerancia: ± 0.05 [mm]
	Diseño: González, Picozo	Cotas: [mm]
	Revisó: Ing. Yair Buafista Blanco	Fecha: Octubre 2014



	Universidad Nacional Autónoma de México	
	Proyecto: Dispensador de Croquetas para Perros	
	Plano: Diseño de paletas centrales del dosificador	Tolerancia ± 0.05 [mm]
	Diseño: González, Picazo	Cotas: [mm]
	Revisó: Ing. Yair Buatista Blanco	Fecha: Octubre 2014

Referencias

- [1] H. Bruce, «Health Benefits and Health Cost Savings Due to Pets: Preliminary Estimates from an Australian National Survey,» *Social Indicators Research*, vol. 47, nº 3, pp. 233-243, 1999.
- [2] http://entremujeres.clarin.com/hogar-y-familia/mascotas/mascotas-animales-getty_MUJIMA20120827_0015_32.jpg, «Entre Mujeres,» [En línea]. Available: http://entremujeres.clarin.com/hogar-y-familia/mascotas/mascotas-animales-getty_MUJIMA20120827_0015_32.jpg.
- [3] C. Mitofsky, «México: Las mascotas en nuestros hogares,» Marzo 2011. [En línea]. Available: http://consulta.mx/web/images/MexicoOpina/2011/20110427_NA_Mascotas.pdf. [Último acceso: 15 Junio 2014].
- [4] E. O. Alonso, «En México hay más perros y gatos que niños,» *La Jornada*, p. 41, 18 Enero 2011.
- [5] J. Villahizán, *Entender, educar y cuidar a tu perro.*, Madrid: Libsa, 2006.
- [6] http://k44.kn3.net/taringa/6/9/7/9/4/7/3/goku_darsenero/04E.jpg?2881, «Taringa.net,» [En línea]. Available: http://k44.kn3.net/taringa/6/9/7/9/4/7/3/goku_darsenero/04E.jpg?2881.
- [7] http://static3.cuantarazon.com/crs/2012/10/CR_734771_vista_perruna.jpg, «Cuanta Razon,» [En línea]. Available: http://static3.cuantarazon.com/crs/2012/10/CR_734771_vista_perruna.jpg.
- [8] http://animalmascota.com/wp-content/2012/07/acariciar_orejas_perro.jpg, «Animal Mascota,» [En línea]. Available: http://animalmascota.com/wp-content/2012/07/acariciar_orejas_perro.jpg.
- [9] http://3.bp.blogspot.com/-HN2SWLyYw3g/T_eaRjm6nKI/AAAAAAAAABec/Bi17TvDkKfY/s1600/lengua.jpg, «Blogspot,» [En línea]. Available: http://3.bp.blogspot.com/-HN2SWLyYw3g/T_eaRjm6nKI/AAAAAAAAABec/Bi17TvDkKfY/s1600/lengua.jpg.
- [10] https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR3n9yjuOKIBqrUBw2alv_6-kFGwEZerJlxecSreEGZZXfnlXmW. [En línea]. Available: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR3n9yjuOKIBqrUBw2alv_6-kFGwEZerJlxecSreEGZZXfnlXmW.
- [11] P. e. a. Pascale, *Enciclopedia de la nutrición clínica canina*, Royal Canin, 2006.

- [12] D. d. Sa, «Uncomo,» Junio 2012. [En línea]. Available: <http://animales.uncomo.com/articulo/cuales-son-las-razas-de-perros-mas-vendidas-en-el-mundo-5155.html>. [Último acceso: 19 Junio 2014].
- [13] A. Díaz, «Veoverde,» 16 Marzo 2013. [En línea]. Available: <http://www.veoverde.com/2013/03/las-10-razas-de-perros-mas-populares/>. [Último acceso: 19 Junio 2014].
- [14] <http://cloud.graphicleftovers.com/17295/1541493/rottweiler-chihuahua-and-food-bowl.jpg>, «Graphic Lovers,» [En línea]. Available: <http://cloud.graphicleftovers.com/17295/1541493/rottweiler-chihuahua-and-food-bowl.jpg>.
- [15] L. P. Case, *Nutrición Canina y Felina*, Elsevier, 2001.
- [16] E. A.T.B., *Nutrición de perros y gatos*, Zaragoza: Acribia, 1988.
- [17] A. P. P. Association, «American Pet Products Association,» 2014. [En línea]. Available: http://www.americanpetproducts.org/press_industrytrends.asp. [Último acceso: 15 Junio 2014].
- [18] C. o. t. Day, «Catch of the Day,» Enero 2014. [En línea]. Available: <http://www.catchoftheday.com.au/product/animal-planet-electronic-pet-feeder-229026/>. [Último acceso: 19 Junio 2014].
- [19] Crestuff, «Amazon,» Mayo 2014. [En línea]. Available: http://www.amazon.com/Crestuff-Automatic-Portion-Control-Recorder/dp/B00GNK619K/ref=sr_1_2?s=pets-supplies&ie=UTF8&qid=1403154845&sr=1-2&keywords=crestuff+feeder. [Último acceso: 17 Junio 2014].
- [20] Koolatron, «Amazon,» Febrero 2014. [En línea]. Available: http://www.amazon.com/Lentek-6-Day-Automatic-Pet-Dish/dp/B00006JHRE/ref=zg_bs_2975260011_6. [Último acceso: 17 Junio 2014].
- [21] <http://ebay.com>, «Ebay,» [En línea]. Available: <http://ebay.com>.
- [22] J. F. Natalí, *Diseño de un sistema portátil de amplificación de voz*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2013.
- [23] G. Rogelio y P. Francisco, Artists, *Ilustración para Tesis*. [Art]. UNAM, FI., 2014.
- [24] http://mlm-s1-p.mlstatic.com/eliminador-de-voltaje-para-pedal-de-efecto-psu-sb-behringer-3589-MLM4405105918_052013-F.jpg, «Mlstatic,» [En línea]. Available: http://mlm-s1-p.mlstatic.com/eliminador-de-voltaje-para-pedal-de-efecto-psu-sb-behringer-3589-MLM4405105918_052013-F.jpg.

- [25] U. D. o. H. a. H. Services, «U.S. Food and Drug Administration,» 24 Junio 2014. [En línea]. Available: <http://www.fda.gov/default.htm>. [Último acceso: 2014 Junio 2014].
- [26] U. S. Government., «United States Department of Agriculture,» 24 Junio 2014. [En línea]. Available: <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>. [Último acceso: 24 Junio 2014].
- [27] N. S. Foundation, «National Sanitation Foundation,» 24 Junio 2014. [En línea]. Available: <http://www.nsf.org/>. [Último acceso: 24 Junio 2014].
- [28] <http://electrosome.com/wp-content/uploads/2012/05/ds1307.jpg>, «Electrosome,» [En línea]. Available: <http://electrosome.com/wp-content/uploads/2012/05/ds1307.jpg>.
- [29] G. Fernanda, «Merca2.0,» Grupo de Comunicación Katedra, 6 Enero 2014. [En línea]. Available: <http://www.merca20.com/android-vs-ios-datos-que-debes-conocer/>. [Último acceso: 12 Agosto 2014].
- [30] https://www.mercadolibre.com/jm/img?s=MPE&v=O&t=T&f=4107079596_042013.jpg&sl=245371, «Mercado Libre,» [En línea]. Available: https://www.mercadolibre.com/jm/img?s=MPE&v=O&t=T&f=4107079596_042013.jpg&sl=245371.
- [31] <http://www.emartee.com/Images/websites/emartee.com/products/thumbnails/big/41814.jpg>, «E-Marte,» [En línea]. Available: <http://www.emartee.com/Images/websites/emartee.com/products/thumbnails/big/41814.jpg>.
- [32] <http://330ohms.com>, «330Ohms,» [En línea]. Available: <http://330ohms.com>.
- [33] A. I. Wesco, «Wesco,» Agosto 2010. [En línea]. Available: <http://www.wesco.com.co/userfiles/file/wesco-corte-laser.pdf>. [Último acceso: 26 Septiembre 2014].
- [34] M. A. Inventor, «App Inventor 2,» 6 Octubre 2014. [En línea]. Available: <http://beta.appinventor.mit.edu/learn/reference/blocks/math.html#round>.
- [35] V. Victoria, Interviewee, *Licenciada en Veterinaria*. [Entrevista]. 12 Septiembre 2014.
- [36] <http://www.alternativa-verde.com/wp-content/uploads/2014/10/food-waste1.jpg>, «Alternativa Verde,» [En línea]. Available: <http://www.alternativa-verde.com/wp-content/uploads/2014/10/food-waste1.jpg>.
- [37] <http://todococinarecetas.com/wp-content/uploads/2009/02/carne.jpg>, «Todo Cocina,» [En línea]. Available: <http://todococinarecetas.com/wp-content/uploads/2009/02/carne.jpg>.

- [38] http://www.petclit.es/sites/default/files/library/comida_humeda_para_perro.jpg, «Petclit,» [En línea]. Available: http://www.petclit.es/sites/default/files/library/comida_humeda_para_perro.jpg.
- [39] <http://www.am.com.mx/fotos/nota/2013/7/12/49d0c18255d04fd.jpg>, «AM,» [En línea]. Available: <http://www.am.com.mx/fotos/nota/2013/7/12/49d0c18255d04fd.jpg> .
- [40] <https://www.fabtolab.com/image/cache/data/Accessories/Output%20Devices/Sound/buzzer-900x700.jpg>, «Fabtolab,» [En línea]. Available: <https://www.fabtolab.com/image/cache/data/Accessories/Output%20Devices/Sound/buzzer-900x700.jpg>.