



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE MÁQUINA LANZADORA  
DE PELOTAS DE TENIS DE MESA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

PRESENTA:

DANIEL ISAAC CANDELAS SANDOVAL

DIRECTORA DE TESIS:

M.I. ROSA ITZEL FLORES LUNA



MÉXICO, D.F. 2014

## **Dedicatoria**

A mi papá y a mi mamá por todo lo que hacen por mí para ayudarme a lograr mis metas.

A mi abuelo Parro por despertar en mí la curiosidad sobre cómo funcionan las cosas y cómo se reparan. Sin él probablemente no habría estudiado Ingeniería.

A la Facultad de Ingeniería y a la UNAM por darme una gran formación técnica, humana y cultural.

A Camila y Yordi por acompañarme a lo largo de este viaje.

A todos mis compañeros y amigos.

## **Agradecimientos**

A la M.I. Itzel Flores por aceptar ser mi guía a lo largo de este trabajo; por su tiempo, comentarios y observaciones para la mejora de este trabajo.

A la Dra. Cristina León por ofrecerme una hermosísima recompensa a cambio de terminar este trabajo antes de determinado tiempo.

Al Profesor José Luis Costa y al CELE por ayudarme a descubrir mi verdadera pasión: las lenguas extranjeras.

Al Ing. Armando Sánchez y a la Escudería PUMA UNAM por enseñarme sobre la ingeniería automotriz en campo y permitirme representar a la UNAM en los campeonatos Electratón.

Al Puma Off-Road Team por permitirme representar a la UNAM en Baja SAE.

A la Sociedad de Alumnos de Ingeniería Mecánica (SAIMEC) por dejarme devolverle a la Facultad y a la Universidad un poco de lo mucho que me dieron.

# Índice

---

Lista de Figuras .....	1
Lista de Tablas.....	3
Capítulo 1. Introducción .....	4
1.1 Objetivo general .....	4
1.2 Objetivos particulares.....	4
1.3 Alcances .....	4
1.4 Resumen .....	4
Capítulo 2. Antecedentes .....	6
2.1 ¿Tenis de mesa o Ping-Pong®?.....	6
2.2 ¿Qué es el tenis de mesa?.....	7
2.3 Evolución del juego.....	7
2.4 Situación actual en el mundo.....	12
2.4.1 Publicaciones .....	14
2.4.2 Integración a futuro .....	14
2.4.2.1 Hombre vs. robot .....	15
2.5 Situación actual en México .....	16
2.6 Equipo .....	16
2.6.1 Mesa.....	16
2.6.2 Red.....	17
2.6.3 Pelotas.....	17
2.6.4 Raquetas.....	20
2.6.4.2 Nuevos diseños de raquetas .....	23
2.7 Tipos de golpe .....	24
2.7.1 Topspin .....	24
2.7.2 Backspin.....	25
2.7.3 Sidespin.....	25
Capítulo 3. Problemática .....	27
3.1 Falta de compañeros de entrenamiento .....	27
3.2 Mesas no reglamentarias .....	28
3.3 Falta de suministro de pelotas .....	29
3.4 Desventajas de los dispositivos existentes .....	31
3.5 Conclusiones .....	31
3.5.1 Propuesta de solución .....	31
Capítulo 4. Estado del arte.....	32
4.1 Resultados de la revisión de patentes .....	32
4.1.1 Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento mecánico .....	34

4.1.2 Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento neumático .....	36
4.1.3 Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico .....	39
4.2 Conclusiones de la revisión de patentes .....	46
4.3 Benchmarking .....	46
4.3.1 Resultados del benchmarking .....	47
Capítulo 5. Proceso de diseño.....	56
5.1 Necesidad .....	56
5.2 Requisitos.....	56
5.3 Especificaciones .....	57
5.4 Diseño conceptual .....	59
5.4.1 Generación de conceptos .....	59
5.4.2 Selección de conceptos .....	63
5.5 Diseño de configuración.....	69
5.6 Diseño de detalle .....	73
5.6.1 Sistemas de lanzamiento .....	74
5.6.1.1 Cálculo de la velocidad de lanzamiento .....	74
5.6.2 Sistemas de distribución.....	75
5.6.3 Sistemas de giro .....	75
5.6.4 Sistema de soporte .....	75
5.6.5 Sistemas de almacenamiento y captura.....	76
5.6.5 Sistema de control.....	76
5.6.6 Sistema de energía .....	77
5.6.6.1 Cálculo de la duración de la batería.....	77
Capítulo 6. Fabricación.....	79
6.1 Modelos.....	79
6.1.1 Modelo 1 .....	79
6.1.2 Modelo 2 .....	80
6.1.3 Modelo 3 .....	80
6.1.4 Modelo 4 .....	80
6.1.5 Modelo 5 .....	81
6.2 Control .....	81
6.3 Pruebas y Resultados.....	82
6.3.1 Masa de las pelotas .....	82
6.3.2 Pelotas por minuto .....	83
6.3.3 Velocidad de lanzamiento .....	83
6.3.4 Distancia de lanzamiento .....	83
6.3.5 Niveles de ruido .....	84

6.3.6 Efectos sobre las pelotas .....	84
6.3.7 Control remoto .....	85
6.4 Ficha técnica.....	85
Capítulo 7. Discusión y conclusiones .....	86
7.1 Discusión.....	86
7.2 Conclusiones .....	86
7.3 Trabajo futuro.....	87
Bibliografía y referencias .....	88
Anexos.....	92
A. Registros de marca de Ping-Pong® .....	92
B. Código fuente .....	95
C. Planos de fabricación.....	97

## Lista de Figuras

Figura 1. Productos de la marca Ping-Pong® [4].	6
Figura 2. Logo del ITTF Museum [10].	8
Figura 3. Escena del <i>Jeu de paume</i> en 1576 [10].	8
Figura 4. Escena típica del tenis de jardín en 1890 [10].	9
Figura 5. Primer juego de mesa bajo el nombre tenis de mesa [10].	9
Figura 6. Escena de un juego de tenis de mesa después de la cena [10].	9
Figura 7. Gossima: primera versión comercial en caja de un juego de tenis de mesa [10].	10
Figura 8. Pelotas de celuloide cubiertas de tela [10].	10
Figura 9. Juego de Ping-Pong de Parker Brothers [10].	10
Figura 10. Juego de tenis de mesa con raquetas de hule y corcho [10].	11
Figura 11. Desarrollo tecnológico de las raquetas de tenis de mesa [12].	11
Figura 12. Logo de la ITTF [10].	13
Figura 13. Logo de la USATT [13].	13
Figura 14. Journal n.º 6 de las ciencias del tenis de mesa [10].	14
Figura 15. Logo de la empresa TOSY y robot TOPIO 3.0 [14].	15
Figura 16. Robots Kong y Wu [15].	15
Figura 17: Timo Boll vs. robot KUKA KR Agilus.	16
Figura 18. Medidas reglamentarias de mesas y redes de tenis de mesa.	17
Figura 19. Clasificación por estrellas de las pelotas de tenis de mesa.	18
Figura 20. Pelotas de categoría simple (sin estrellas).	18
Figura 21. Influencia de la calidad de las pelotas en el rebote.	19
Figura 22. Pelota de polímero [10].	19
Figura 23. Proceso de fabricación de las pelotas de celuloide [20].	20
Figura 24. Proceso de fabricación de las pelotas de polímero.	20
Figura 25. Lados rojo y negro reglamentarios de una raqueta de tenis de mesa.	21
Figura 26. Refuerzo en la hoja de madera de una raqueta de tenis de mesa.	21
Figura 27. Diferentes densidades de granos en las cubiertas de hule para raquetas de tenis de mesa.	21
Figura 28. Mangos de raquetas de tenis de mesa de diferentes formas.	22
Figura 29. Agarre <i>shakehands</i> o clásico, vista frontal y trasera.	22
Figura 30. Agarre <i>penhold</i> o de lapicero, vista frontal y trasera.	23
Figura 31. Raquetas para agarre <i>penhold</i> o de lapicero.	23
Figura 32. Raquetas Brodmann (sin hules) [22].	23
Figura 33. Agarre de la raqueta Brodmann [22].	24
Figura 34. Forma de golpear la pelota para generar un efecto topspin [12].	24
Figura 35. Fases de una pelota con efecto topspin [23].	25
Figura 36. Forma de golpear la pelota para generar un efecto backspin [12].	25
Figura 37. Fases de una pelota con efecto backspin [23].	25
Figura 38. Vista superior de un efecto sidespin [12].	26
Figura 39. Vista superior de la trayectoria de un efecto sidespin [12].	26
Figura 40: Forrest Gump lanzando pelotas hacia un cómodo [25].	27
Figura 41. Forrest Gump jugando solo [25].	28
Figura 42. Memes de un <i>Forever Alone</i> practicando tenis de mesa.	28
Figura 43. Mesas de juego multiusos.	29
Figura 44. Mesas plegables.	29
Figura 45. Porta pelotas para espalda [22].	29
Figura 46. Dispositivos simples para almacenar pelotas: a) dispensador, b) soporte para pelotas, c) soporte para pelotas y raquetas.	30
Figura 47. Dispositivo para almacenar pelotas con mecanismo de lanzamiento.	30
Figura 48. Dispositivos para almacenar pelotas a los lados de la mesa [26].	30
Figura 49. Canasta para almacenar pelotas [27].	30
Figura 50. Entrenamiento de tenis de mesa.	31
Figura 51. Patentes máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento mecánico [29] [30] [31].	34

Figura 52. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento mecánico [32] [33] [34].	35
Figura 53. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento neumático [35] [36] [37].	36
Figura 54. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento neumático [38] [39] [40].	37
Figura 55. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento neumático [41] [42] [43] [44].	38
Figura 56. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [45] [46] [47].	39
Figura 57. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [48] [49] [50] [51] [52] [53].	40
Figura 58. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [54] [55] [56] [57].	41
Figura 59. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [58] [59] [60].	42
Figura 60. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [61] [62] [63].	43
Figura 61. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [64] [65] [66].	44
Figura 62. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [67] [68] [69] [70] [71] [72] [73] [74].	45
Figura 63. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Newgy [75].	48
Figura 64. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca IPONG [76].	49
Figura 65. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Oukei [77].	50
Figura 66. Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa de la marca Killerspin, modelo Throw Robot [78].	51
Figura 67. Máquinas lanzadoras de pelotas de de tenis de mesa de la marca AMDT [79].	52
Figura 68. Lanzador para las 3 máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Butterfly [27].	53
Figura 69. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Butterfly [27].	53
Figura 70. Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa de la marca Butterfly North America, modelo Smartpong Table Tennis Robot [80].	54
Figura 71. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca PADDLE PALACE [81].	55
Figura 72. Sistemas de lanzamiento.	69
Figura 73. Canal de lanzamiento.	69
Figura 74. Máquina, usuario y mesa.	70
Figura 75. Sistemas de lanzamiento y distribución.	70
Figura 76. Giro del cabezal de lanzamiento 0-90°.	70
Figura 77. Soportes inferior y superior.	71
Figura 78. Sistema de almacenamiento.	71
Figura 79. Sistema de captura.	71
Figura 80. Sistemas de control y energía.	72
Figura 81. Sistema de control remoto.	72
Figura 82. Configuración general.	73
Figura 83. Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa.	74
Figura 84. Sistemas de lanzamiento I y II.	74
Figura 85. Sistemas de distribución I y II.	75
Figura 86. Sistemas de giro.	75
Figura 87. Sistema de soporte.	76
Figura 88. Sistemas de almacenamiento y captura.	76
Figura 89. Sistema de control.	77
Figura 90. Sistema de energía.	77
Figura 91. Modelo 1.	79
Figura 92. Modelo 2.	80
Figura 93. Modelo 3.	80
Figura 94. Modelo 4.	81
Figura 95. Modelo 5.	81
Figura 96. Circuito del control de la máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa.	82
Figura 97. Diagrama para fabricación de circuito impreso.	82
Figura 98. Prueba de niveles de ruido.	84
Figura 99. Control remoto alámbrico.	85

## Lista de Tablas

---

Tabla 1: Desarrollo tecnológico de las raquetas de tenis de mesa [12].	12
Tabla 2. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento mecánico [29] [30] [31].	34
Tabla 3. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento mecánico [32] [33] [34].	35
Tabla 4. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento neumático [35] [36] [37].	36
Tabla 5. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento neumático [38] [39] [40].	37
Tabla 6. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento neumático[41] [42] [43] [44].	38
Tabla 7. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [45] [46] [47].	39
Tabla 8. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [48] [49] [50] [51] [52] [53].	40
Tabla 9. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico[54] [55] [56] [57].	41
Tabla 10. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [58] [59] [60].	42
Tabla 11. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico[61] [62] [63].	43
Tabla 12. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [64] [65] [66].	44
Tabla 13. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [67] [68] [69] [70] [71] [72] [73] [74].	45
Tabla 14. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Newgy [75].	48
Tabla 15. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca IPONG [76].	49
Tabla 16. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Oukei [77].	50
Tabla 17. Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa de la marca Killerspin [78].	51
Tabla 18. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca AMDT [79].	52
Tabla 19. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Butterfly [27].	53
Tabla 20. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Butterfly North America [80].	54
Tabla 21. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Paddle Palace [81].	55
Tabla 22. Requerimientos y métrica.	58
Tabla 23. Conceptos del sistema de lanzamiento I.	59
Tabla 24. Conceptos de materiales de superficies de lanzamiento II.	59
Tabla 25. Conceptos del sistema de lanzamiento I.	60
Tabla 26. Conceptos del sistema de distribución.	60
Tabla 27. Conceptos del sistema de giro I.	61
Tabla 28. Conceptos del sistema de giro II.	61
Tabla 29. Conceptos del sistema de soporte.	62
Tabla 30. Conceptos del sistema de almacenamiento.	62
Tabla 31. Conceptos del sistema de captura.	63
Tabla 32. Esquema de evaluación para alternativas de diseño [84].	64
Tabla 33. Matriz de decisión del sistema de lanzamiento I.	64
Tabla 34. Matriz de decisión del sistema de lanzamiento II.	64
Tabla 35. Matriz de decisión del sistema de distribución I.	65
Tabla 36. Matriz de decisión del sistema de distribución II.	65
Tabla 37. Matriz de decisión del sistema de giro I.	65
Tabla 38. Matriz de decisión del sistema de giro II.	66
Tabla 39. Matriz de decisión del sistema de soporte.	66
Tabla 40. Matriz de decisión del sistema de almacenamiento.	66
Tabla 41. Matriz de decisión del sistema de captura.	67
Tabla 42. Conceptos ganadores en las matrices de decisión.	68
Tabla 43. Masa de las pelotas.	83
Tabla 44. Distancia de lanzamiento.	83
Tabla 45. Niveles de ruido.	84
Tabla 46. Ficha técnica de la máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa.	85

# Capítulo 1. Introducción

---

## 1.1 Objetivo general

Diseñar una máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa automática.

## 1.2 Objetivos particulares

Establecer las principales características de los sistemas de lanzamiento de pelotas de tenis de mesa comúnmente usados, para determinar el más conveniente a repetir.

Desarrollar un diseño que cumpla con las especificaciones propuestas y que se pueda fabricar en los laboratorios de ingeniería mecánica de la Facultad de Ingeniería.

Generar un diseño innovador que pueda ser patentado en México.

## 1.3 Alcances

Presentar un modelo que realice de manera automática el lanzamiento de pelotas de tenis de mesa.

## 1.4 Resumen

No cabe duda que en los últimos años el estudio en el área deportiva ha cobrado gran importancia, y su análisis abarca desde estudios de movimiento, caracterización biomecánica, ergonomía, probabilidad, nutrición, hasta la implementación de sistemas que ayuden en la práctica, los cuales han permitido una mayor comprensión del rendimiento de los deportistas no sólo en las competencias locales sino también en las grandes competencias a nivel mundial.

Este trabajo muestra cómo puede emplearse una metodología de diseño en una aplicación específica, en este caso el deporte del tenis de mesa. Para ello se utilizan herramientas de cómputo y un pensamiento creativo para realizar una propuesta de diseño, analizarla y posteriormente fabricarla.

El fundamento de este proyecto, el diseño y la fabricación de una máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa, parte de la idea de relacionar la ingeniería con la práctica del deporte, en este caso el tenis de mesa. El diseño desarrollado se enfoca en el sistema de lanzamiento de pelotas, ya que se considera el punto medular de las máquinas diseñadas para este fin, sin dejar de lado los demás sistemas involucrados en el correcto funcionamiento de este tipo de máquinas.

En el capítulo 2 se realiza un análisis de antecedentes del deporte del tenis de mesa. Este análisis incluye una profundización histórica sobre el nombre que actualmente tiene el deporte y sobre de la evolución que ha sufrido para llegar a la situación actual tanto a nivel mundial como en México. También se incluye una descripción sobre el equipo con el que actualmente se practica el deporte y los requisitos reglamentarios que debe cumplir para ser considerado oficial. En un apartado final se incluye una descripción de los tipos de golpe

que se utilizan en el deporte.

Para llegar a una propuesta de solución es necesario conocer la problemática que se desea resolver. Por lo tanto, en el capítulo 3 se presentan los problemas a los que se enfrentan los jugadores de tenis de mesa durante un entrenamiento. También se describen los dispositivos existentes que se utilizan para tratar de solucionar dichos problemas. Finalmente se presenta la propuesta de solución y las características que debe tener para satisfacer las necesidades de los jugadores de tenis de mesa.

En el capítulo 4 se describe el concepto de estado del arte y los objetivos y funciones que tiene en la revisión del acervo documental existente. Se describen los resultados encontrados sobre máquinas lanzadoras de pelotas, tanto de tenis de mesa como de tenis y béisbol. De este análisis se concluye que el sistema de lanzamiento de pelotas de tenis de mesa a repetir es el de tipo eléctrico. Finalmente, debido a que la oferta de este tipo de máquinas es amplia, se muestra un benchmarking de las marcas disponibles en el mercado.

Una vez concretada la propuesta de solución, en el capítulo 5 se presenta el proceso de diseño. Se documentan las diferentes etapas que lo conforman: los deseos y requisitos del cliente, la definición de las especificaciones, la generación de conceptos de diseño, el diseño de configuración y el diseño de detalle.

En el capítulo 6 se documenta la fabricación y el armado de diferentes modelos que se emplearon y los tipos de pruebas a las que se sometió para analizar su comportamiento y correcto funcionamiento. Se incluye el cálculo de la velocidad de lanzamiento en las condiciones de trabajo de la máquina. Al final de este capítulo se encuentran las especificaciones de la máquina diseñada en forma de una ficha técnica.

Finalmente, en el capítulo 7 se presentan la discusión de resultados, las conclusiones y el trabajo futuro que surgen del desarrollo de esta tesis.

## Capítulo 2. Antecedentes

### 2.1 ¿Tenis de mesa o Ping-Pong®?

En la actualidad Ping-Pong® es una marca registrada de equipo de tenis de mesa como mesas, redes, raquetas y pelotas (Figura 1). Una marca registrada es un derecho exclusivo otorgado por un gobierno a un propietario para usar un nombre, palabras o símbolos específicos relacionados a una clase de productos o servicios. Las marcas registradas suelen ser marcas, nombres de productos o nombres de empresas [1].

La marca registrada Ping-Pong® inicialmente fue desarrollada por Parker Brothers, Inc. y ahora pertenece a Escalade Sports [2] [3]. Es una marca de equipo que se usa para jugar el deporte de tenis de mesa. Ping-Pong® es la marca y tenis de mesa es el deporte. ¿Alguna vez te has preguntado por qué Ping-Pong® no forma parte de los Juegos Olímpicos? El COI (Comité Olímpico Internacional) usa el nombre correctamente: tenis de mesa es el deporte que se juega en los Juegos Olímpicos.



Figura 1. Productos de la marca Ping-Pong® [4].

Ping-Pong® es una marca registrada federal en EE. UU. desde principios del siglo XX. Ping-Pong® se registró ante el USPTO (*United States Patent and Trademark Office*, por sus siglas en inglés) el 9 de junio de 1931 con números de registro 283,766 y 283,767 y el 24 de junio de 1950 con número de registro 520,720 (Anexo A) [2] [5].

Solamente hay un problema sobre los registros de la marca Ping-Pong®: cada vez que un nuevo comprador confunda Ping-Pong® con tenis de Mesa, este primero se acerca cada vez más a llegar a ser un término genérico y por ende una palabra de diccionario sin protección legal [6].

¿Por qué una palabra registrada puede convertirse en una denominación genérica? La respuesta se encuentra en la Ley de la Propiedad Industrial (LPI), TÍTULO CUARTO: De las Marcas y de los Avisos y Nombres Comerciales, CAPÍTULO VII: De la Nulidad, Caducidad y Cancelación de Registro, artículo 153 [7].

“Procederá la cancelación del registro de una marca, si su titular ha provocado o tolerado que se transforme en una denominación genérica que corresponda a uno o varios de los productos o servicios para los cuales se registró, de tal modo que, en los medios comerciales y en el uso generalizado por el público, la marca haya perdido su carácter distintivo, como medio de distinguir el producto o servicio a que se aplique” (LPI).

La denominación genérica se puede resumir de la siguiente forma: si una marca registrada se convierte en sinónimo de algún tipo de producto general, esa marca pierde la capacidad de identificar a un producto en específico y por lo tanto se convierte en un término genérico, una palabra de diccionario que cualquiera puede usar para cualquier propósito y deja con las manos vacías al dueño de la marca. No se necesita una investigación exhaustiva para encontrar ejemplos de orgullosas marcas registradas que cayeron en la denominación genérica: Aspirina, Yo-Yo, Zipper, Queroseno y algunas más recientes como: Monopoly y Thermo [6].

Existen diversos ejemplos de marcas notorias que se han convertido en la denominación genérica del producto o servicio que originalmente distinguían, uno de los principales factores que originó dicho fenómeno es que en su oportunidad fueron un producto o servicio novedoso sin que existiera una denominación común o técnica que los identificara. En México se tienen varios casos de denominación genérica, por ejemplo: Ping-Pong, Kleenex, Crayola, Pritt, Resistol, Frisbee, Kotex, Walkman, Discman, Post-it, Diurex, Masking Tape, Rimel, Curita, Sección Amarilla, y Tablaroca [8].

Es técnicamente incorrecto decir Ping-Pong<sup>®</sup> para denominar al deporte de tenis de mesa. La marca se volvió tan popular que se cree que el deporte se llama Ping-Pong<sup>®</sup>. La forma correcta de llamar al deporte es tenis de mesa, que es el nombre reconocido oficialmente a nivel mundial.

## 2.2 ¿Qué es el tenis de mesa?

El tenis de mesa es un juego semejante al tenis, que se practica sobre una mesa de medidas reglamentarias, con pelota ligera y con palas pequeñas de madera a modo de raquetas. Es un juego practicado por dos personas o dos parejas, que se lanzan alternativamente la pelota, por encima de una red, con el propósito de que la otra parte no acierte a devolverla [9].

El nombre proviene del sonido de Ping que hacía la pelota de celuloide al impactar con las raquetas recubiertas en pergamino y del sonido de Pong al contacto de la pelota con la mesa. También se le conoce como Pimpón en México, *ping pang qiu* en China, *takkyū* en Japón y *Wiff Waff* o *Whiff Whaff*, *Flin Flan* y *Gossima* en otras partes del mundo.

## 2.3 Evolución del juego

La ITTF (*International Table Tennis Federation*, por sus siglas en inglés) cuenta con un acervo histórico en un museo ubicado en Lausana, Suiza (Figura 2) [10]. En el museo se encuentra documentado el proceso evolutivo que ha sufrido el juego.



Figura 2. Logo del ITTF Museum [10].

El proceso de evolución del tenis de mesa comenzó con el antiguo juego de *Jeu de Paume*, también conocido como *Real Tennis* hace más de 1000 años, el abuelo de todos los deportes de raqueta (Figura 3). En un inicio se jugaba con la palma de la mano, después con la palma de la mano envuelta con piel o algodón, después con un bate sólido y largo de madera, y cerca del 1500, con una raqueta encordada [10].

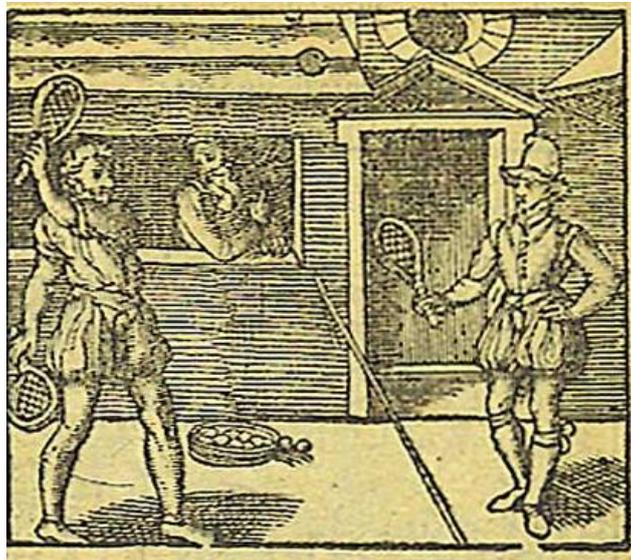


Figura 3. Escena del *Jeu de paume* en 1576 [10].

El tenis de jardín se volvió muy popular entre 1870 y 1880 y es el padre del tenis de Mesa. Los fabricantes de juegos trataron de colgarse del éxito del tenis de Jardín al desarrollar juegos *indoor* alusivos al tenis: juegos de mesa, cartas, fichas, raquetas y globos (Figura 4). De hecho, la primera vez que se usó el nombre tenis de mesa fue para un juego de mesa en 1887 (Figura 5) [10].



Figura 4. Escena típica del tenis de jardín en 1890 [10].



Figura 5. Primer juego de mesa bajo el nombre tenis de mesa [10].

El juego tuvo diversos nombres y se desarrollaba sobre la mesa de los comedores como forma de entretenimiento popular después de la cena (Figura 6). El juego se practicaba con raquetas muy largas cubiertas con vitela (piel de vaca o ternera) y pelotas de caucho o corcho. La baja calidad de las pelotas llevó al rápido rechazo de aquellas primeras formas de jugar [11].



Figura 6. Escena de un juego de tenis de mesa después de la cena [10].

Los juegos fracasaron debido a la inadecuada pelota: el rebote era muy inestable con pelotas de caucho y muy pobre con pelotas de corcho (Figura 7). La pelota de celuloide se probó en 1900 y se encontró que es la pelota perfecta para el juego, lo que se convirtió en un éxito instantáneo [10].



Figura 7. Gossima: primera versión comercial en caja de un juego de tenis de mesa [10].

El juego del tenis de mesa se volvió tan popular que se utilizaron pelotas de celuloide cubiertas de tela para no rayar las mesas de los comedores (Figura 8).



Figura 8. Pelotas de celuloide cubiertas de tela [10].

Con el desarrollo de la pelota de celuloide en la década de los veinte, el juego comenzó a revivir lentamente. Algunas grandes empresas de juegos, como J. Jacques & Son en Inglaterra y Parker Brothers en EE. UU., comenzaron a promover versiones competitivas del juego bajo una variedad de nombres. En EE. UU., la marca registrada de Parker Brothers era la más aceptada (Figura 9) [11].

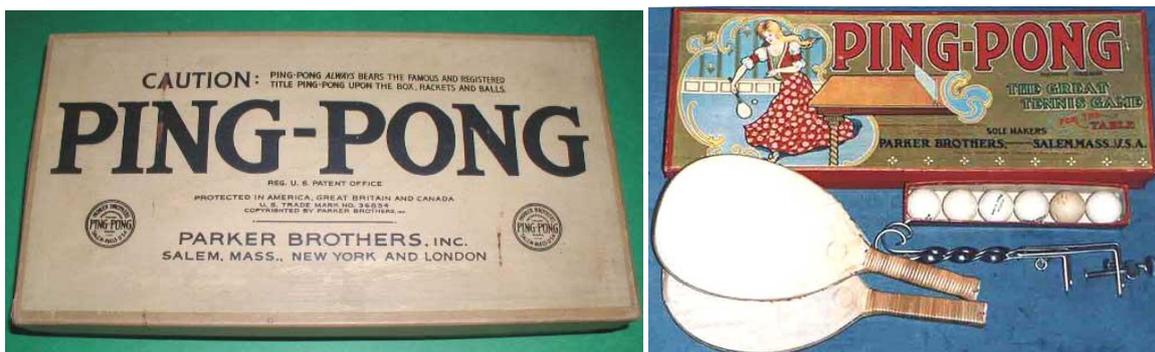


Figura 9. Juego de Ping-Pong de Parker Brothers [10].

El juego saltó hacia adelante con la invención de la raqueta sólida con hule cerca de 1930. Esta raqueta tiene una capa de hule con granos duros y pequeños que cubren la hoja de madera (Figura 10). Por primera vez, los jugadores podían aplicar un moderado efecto a la pelota y se inventaron los golpes con efecto. Esto permitió aún más control y velocidad sobre la pelota. El juego se volvió más popular con la creación de ligas de juego en toda Europa y clubes en EE. UU. La USTTA (*United States Table Tennis Association*) se creó en 1938. A

pesar de que los jugadores europeos dominaron durante esta era, el equipo de EE. UU. era muy competitivo y ganó varios títulos mundiales [11].



Figura 10. Juego de tenis de mesa con raquetas de hule y corcho [10].

El juego moderno comenzó con la introducción de la raqueta de madera cerca de 1950 (Figura 11 y Tabla 1).

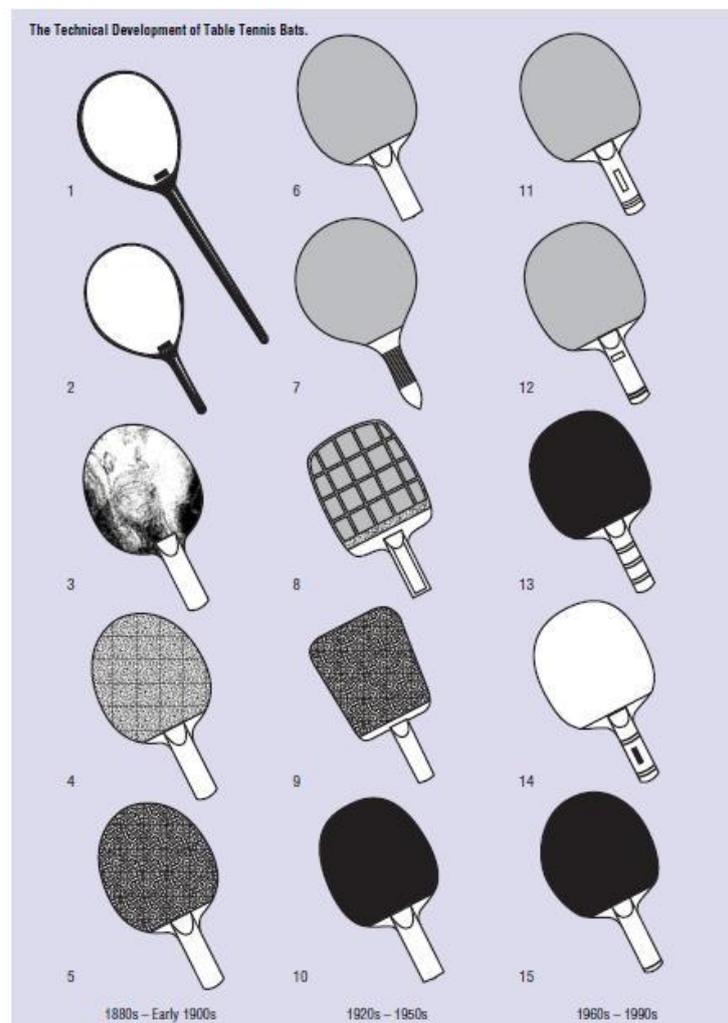


Figura 11. Desarrollo tecnológico de las raquetas de tenis de mesa [12].

<b>Raqueta</b>	<b>Años</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	1880 – 1900	Raqueta de piel de ternera, conocido como raqueta “banjo”, con una longitud de 48 [cm].
<b>2</b>		Raqueta de piel de ternera de mango corto que sustituyó al modelo de mango largo.
<b>3</b>		Raqueta plana de madera, de diferentes tipos de madera y en diferentes espesores.
<b>4</b>		Raqueta con lijas en las caras, desarrolladas para impartir efectos en la pelota.
<b>5</b>		Raqueta encordada, reemplazó las 4 anteriores; mejoró el desempeño de la raqueta.
<b>6</b>	1920 – 1950	Raqueta con una hoja de hules de picos.
<b>7</b>		Raqueta muy ancha con una hoja de hule de picos.
<b>8</b>		Raqueta de espuma con forma de <i>waffles</i> .
<b>9</b>		Raqueta japonesa, con espuma suave de 10 mm de espesor.
<b>10</b>		Raqueta con hule, tipo “crepa”.
<b>11</b>	1960 – 1990	Raqueta con hule espuma; cubierta con una hoja, de 1 mm de espesor, de hules de picos.
<b>12</b>		Raqueta con una hoja, de 2 [mm] de espesor, de hule de picos; reemplazó a la anterior.
<b>13</b>		Raqueta con una superficie diseñada para absorber efectos.
<b>14</b>		Raqueta con una hoja de 1 [mm] de hule espuma; proporcionó muy buen control.
<b>15</b>		Raqueta con una hoja de 1 [mm] de hule espuma entre la hoja de hule de picos y la hoja de madera.

Tabla 1: Desarrollo tecnológico de las raquetas de tenis de mesa [12].

Después de muchas pruebas, se aprobaron las restricciones actuales de hule (ya sean granos hacia afuera o hacia adentro) con un espesor máximo de 4 [mm]. Los japoneses, con su agarre *penhold* o de lapicero, golpes largos y poderosos y excelente juego de pies fueron los primeros en capitalizar el aumento en velocidad y efectos que el nuevo equipo permitía. A principios de 1960, los chinos rápidamente se impusieron como los grandes innovadores del deporte y comenzaron un periodo de dominio que hoy continúa. Fueron los pioneros en un estilo de juego de ataque rápido y le mostraron al mundo la importancia de desarrollar un juego fuerte en el servicio y la devolución de servicio. A pesar de que China ha dominado el deporte en los últimos años, muchos jugadores de otros países han destacado ganando títulos olímpicos y mundiales [11].

## 2.4 Situación actual en el mundo

La ITTF, formada en 1927, es el órgano encargado de supervisar y regular el deporte del tenis de mesa, así como buscar mejoras tecnológicas del deporte (Figura 12). La sede de la ITTF se encuentra en Lausana, Suiza. El presidente de la ITTF es el canadiense Adham Sharara desde 1999 [10].



Figura 12. Logo de la ITTF [10].

El tenis de mesa ahora es uno de los deportes con mayor participación en el mundo. La ITTF la conforman 204 países. La ITTF organiza diversos eventos a nivel mundial entre los cuales se encuentran: campeonatos mundiales anuales, copas del mundo, y una gira internacional de profesionales [11].

La USATT (*United States Table Tennis*), anteriormente USTTA, es el órgano que regula el tenis de mesa en EE. UU. (Figura 13) [13]. Consiste en una red de cientos de clubes locales y torneos arbitrados. Más de 17 millones de personas en EE. UU. juegan tenis de mesa en un nivel recreativo, pero solamente cerca de 50 mil juegan en clubes. De estos, más de 7 mil participan en competencias. Cuando se compara este número con los más de 20 millones de jugadores serios en China, o los casi 1 millón de participantes en la liga nacional alemana, es claro que EE. UU. tiene un largo camino por delante para volverse competitivo con el resto del mundo [11].



Figura 13. Logo de la USATT [13].

La ITTF reconoce 6 federaciones continentales. Cada federación continental tiene su propia organización y reglamento [10]. Las federaciones son las siguientes:

- África African Table Tennis Federation (ATTF)
- Asia Asian Table Tennis Union (ATTU)
- Europa European Table Tennis Union (ETTU)
- Latinoamérica Latin American Table Tennis Union (ULTM)
- Norteamérica North American Table Tennis Union (NATTU)
- Oceanía Oceania Table Tennis Federation (OTTF)

En noviembre de 1977 el COI notifica a la ITTF que el tenis de mesa es reconocido oficialmente. El tenis de mesa se presenta por primera vez como deporte en los Juegos Olímpicos de Seúl, Corea del Sur en 1988 [10].

El tenis de mesa ha participado en los Juegos Olímpicos de Barcelona 1992, Atlanta 1996, Sídney 2000, Atenas 2004, Pekín 2008 y Londres 2012, y próximamente participará en Rio de Janeiro 2016 y Tokio 2020. En cada evento aumentó el número de televidentes, llegando a ser el 5° deporte más visto en los Juegos Olímpicos de Atenas 2004 [10].

El tenis de mesa ha participado en los Juegos Panamericanos de San Juan 1979, Caracas 1983, Indianápolis 1987, La Habana 1991, Mar del Plata 1995, Winnipeg 1999, Santo Domingo 2003, Río de Janeiro 2007, Guadalajara 2011, y próximamente participará en Toronto 2015 y Lima 2019.

### 2.4.1 Publicaciones

Para fomentar el desarrollo tecnológico del deporte la ITTF junto con el Comité de Ciencias del Deporte coordinan la publicación de artículos en el *International Journal of Table Tennis Sciences* (Figura 14) [10]. La edición más reciente corresponde al Volumen n.º 7 publicado en el 2012. Los artículos son de libre acceso y se dividen en 5 categorías: desarrollo, fisiología, psicología, desempeño y misceláneos.

En este *Journal* se analizan algunos aspectos importantes del deporte, como nuevas reglas y las consecuencias que provocan en el marcador, las diferencias entre marcas de equipo de tenis de mesa, la percepción de los jugadores sobre el liderazgo de los entrenadores, diferencias anatomofisiológicas de los jugadores de diferentes países, la psicología en los jugadores de alto nivel, pruebas en sensores de tacto en la red, e inclusive la percepción de satisfacción del público después de ver un partido.



Figura 14. Journal n.º 6 de las ciencias del tenis de mesa [10].

### 2.4.2 Integración a futuro

Actualmente se trabaja en el diseño, fabricación y programación de robots que tengan la capacidad de jugar tenis de mesa de forma autónoma. Se pretende llegar a un nivel semejante al de la ROBOCUP para el tenis de mesa.

Uno de los proyectos con mayor éxito actualmente es TOPIO: es un robot humanoide bípedo diseñado para jugar tenis de mesa contra un ser humano. TOSY, una empresa de Vietnam dedicada a la robótica, los desarrolla desde 2005 (Figura 15). Se presentó públicamente en la Exhibición Internacional de Robots en Tokio el 28 de noviembre de 2007 [14].

La versión más reciente, TOPIO 3.0, es capaz de reconocer objetos con movimiento muy rápido, posee inteligencia artificial, un sistema mecánico de baja inercia, un control de movimiento rápido y preciso, y una marcha bípeda balanceada.

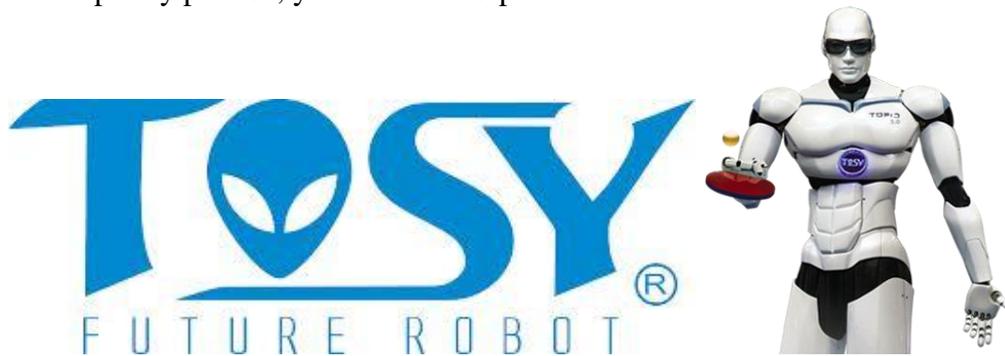


Figura 15. Logo de la empresa TOSY y robot TOPIO 3.0 [14].

Otra de las propuestas con grandes expectativas a futuro pertenece a un grupo de investigación de la Universidad de Zhejiang en China [15]. En el *Institute of Cyber-Systems and Control* desarrollaron dos robots: Kong y Wu (Figura 17).



Figura 16. Robots Kong y Wu [15].

La cabeza de estos robots posee cámaras que pueden procesar 120 cuadros por segundo. Analizan cada cuadro de la imagen para determinar la posición y la velocidad de la pelota. Los 30 motores en sus 30 articulaciones pueden llevar a cabo diferentes tareas. Los robots miden 1.60 m. y pesan 55 kg.

Los robots Kung y Wu no fueron diseñados específicamente para jugar tenis de mesa, son parte de una iniciativa china para desarrollar robots humanoides para usos generales, y este deporte ha servido para probar la eficacia del software de procesamiento de imágenes y la precisión de sus movimientos.

#### **2.4.2.1 Hombre vs. robot**

El 11 de marzo de 2014 se llevará a cabo un evento único a nivel mundial: un partido de tenis de mesa entre el excampeón y ex número uno a nivel mundial Timo Boll de Alemania contra el robot KUKA KR Agilus (Figura 17). Este evento tiene como objetivo celebrar la apertura de la primera fábrica de KUKA en Shanghai, China. Esta línea de robots está diseñada para trabajar a altas velocidades con altos niveles de precisión, cualidades que los hacen aptos para

jugar tenis de mesa [16].



Figura 17: Timo Boll vs. robot KUKA KR Agilus.

Estos eventos se organizan poner a prueba las máquinas y la tecnología de punta frente a los deportistas de élite, con el objetivo de saber hasta dónde han llegado los robots que se diseñan y encontrar áreas de oportunidad para mejorar.

## 2.5 Situación actual en México

En México se constituyó formalmente la FEMETEME (Federación Mexicana de Tenis de Mesa) el 26 de Septiembre de 1983. Esta Federación es la autoridad máxima del tenis de mesa en la República Mexicana, y es reconocida por la ITTF, la ULTM, la CODEME (Confederación Deportiva Mexicana) y el COM (Comité Olímpico Mexicano) [17].

El tenis de mesa existe en México desde 1918. El desarrollo del deporte desarrollo ha sido fundamentalmente doméstico, ya que es en los hogares en donde se destaca como un pasatiempo activo para toda la familia. También se practica eventualmente en clubes deportivos y en centros sociales y adquiere una categoría de juego informal [17].

## 2.6 Equipo

La ITTF establece las medidas reglamentarias de mesas, redes, pelotas y raquetas. Para utilizarse en competencias oficiales, los requisitos que debe cumplir el equipo de tenis de mesa se encuentran publicados en el *Handbook* de la ITTF [18].

### 2.6.1 Mesa

De acuerdo con el *Handbook* de la ITTF, las especificaciones de una mesa reglamentaria de tenis de mesa son las siguientes (Figura 18) [18]:

- Forma: rectangular
- Longitud: 2.74 [m]
- Ancho: 1.525 [m]
- Altura: 76 [cm]
- Color: verde o azul, oscuro, uniforme y mate

- Líneas laterales y de fondo: 2 [cm]
- Línea central: 3 [mm]

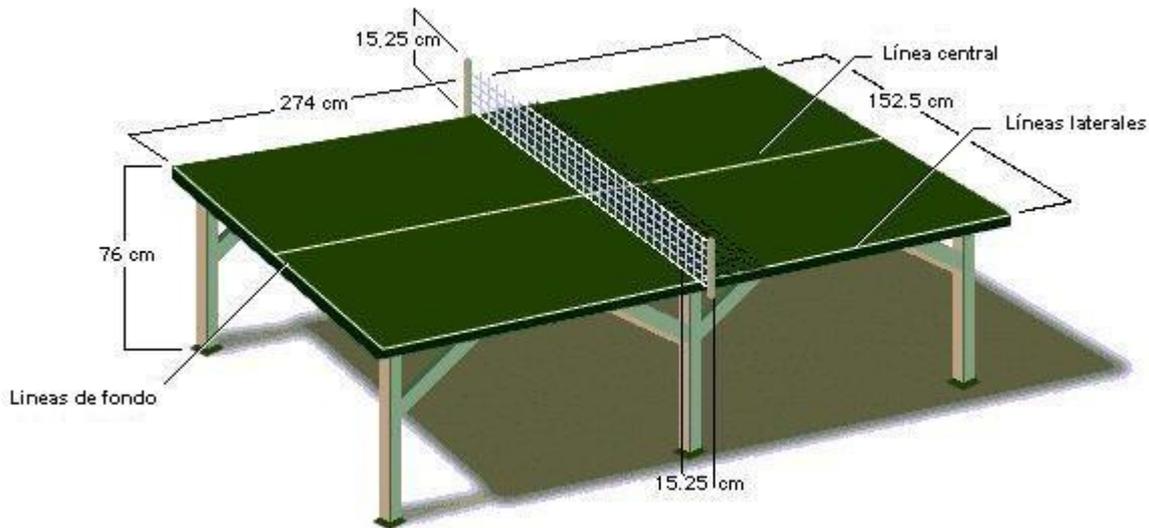


Figura 18. Medidas reglamentarias de mesas y redes de tenis de mesa.

La superficie de juego puede ser de cualquier material pero debe proporcionar un bote uniforme de aproximadamente 23 cm al dejar caer sobre ella una pelota reglamentaria desde una altura de 30 cm. Generalmente se emplea MDF (*Medium Density Fiberboard*, por sus siglas en inglés).

### 2.6.2 Red

De acuerdo con el *Handbook* de la ITTF, las especificaciones de la red reglamentaria de una mesa de tenis de mesa son las siguientes (Figura 18) [18]:

- Altura: 15.25 [cm]
- Postes exteriores: a 15.25 [cm] de la mesa

### 2.6.3 Pelotas

De acuerdo con el *Handbook* de la ITTF, las especificaciones de una pelota reglamentaria para jugar tenis de mesa son las siguientes [18]:

- Forma: esférica
- Diámetro: 40 [mm]
- Peso: 2.7 [g]
- Material: celuloide
- Color: blanco o naranja, mate

Anteriormente se utilizaba una pelota de 38 mm de diámetro. A partir del 2000 se comenzó a utilizar una pelota de 40 mm para hacer más lento el juego y alargar las jugadas, de manera que el deporte fuera más atractivo para los televidentes [10].

Las pelotas se clasifican por estrellas, cuantas más estrellas tiene la clasificación, mayor es la calidad de la pelota (Figura 19):

- Simple: sin estrellas.
- Una estrella: de calidad baja
- Dos estrellas: de calidad intermedia
- Tres estrellas: de calidad alta, para uso profesional
- Cuatro estrellas: de calidad alta, para uso profesional
- Cinco estrellas: de calidad alta, para uso profesional



Figura 19. Clasificación por estrellas de las pelotas de tenis de mesa.

También existen las pelotas con estampados o dibujos alusivos a algún otro deporte, generalmente dirigidas al público infantil. Son pelotas de categoría simple o sin estrellas (Figura 20).



Figura 20. Pelotas de categoría simple (sin estrellas).

La calidad de las pelotas se puede observar directamente en el rebote que tienen en la mesa: una pelota de baja calidad tiene un rebote irregular e impredecible y una pelota de alta calidad tiene un movimiento definido y predecible (Figura 21).

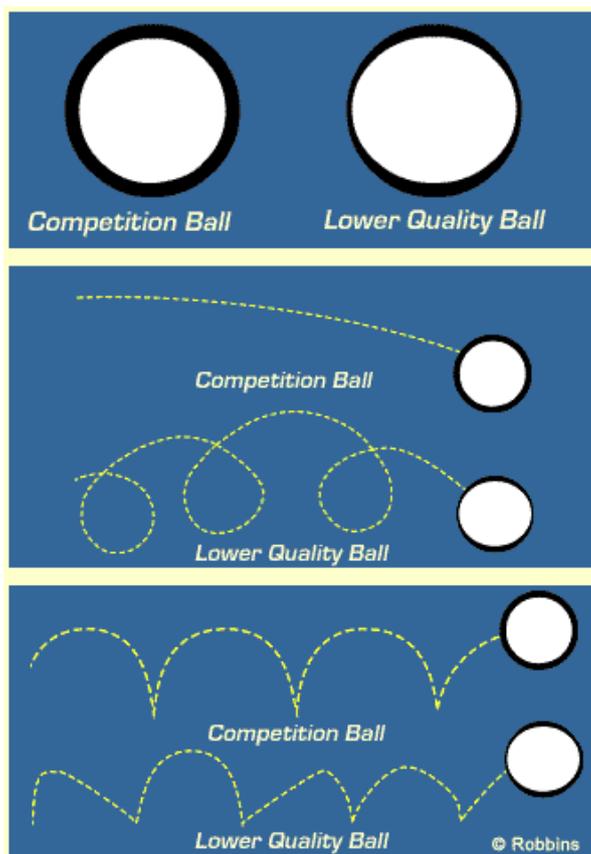


Figura 21. Influencia de la calidad de las pelotas en el rebote.

A partir de Julio de 2014 se utilizarán pelotas de polímero en todas las competencias de la ITTF, por lo que las pelotas actuales de celuloide serán reemplazadas (Figura 22).



Figura 22. Pelota de polímero [10].

La ITTF ha estado realizando pruebas para comparar las pelotas de polímero con las de celuloide en cuanto a comportamiento en rebotes y efectos e impresión general de los jugadores.

Los estudios tratan de determinar cuánto efecto y cuánta velocidad se genera cuando las dos pelotas golpean la raqueta en condiciones normales de juego. En los resultados se remarca que el proceso de fabricación de las pelotas marca la diferencia en el comportamiento de las

pelotas. Las pelotas de celuloide se fabrican mediante la unión de dos mitades y las de polímero se fabrican mediante rotomoldeo [19].

Las pelotas de celuloide se fabrican con nitrocelulosa y alcanfor en una solución de alcohol caliente en forma de hojas o láminas. La lámina se corta en piezas circulares, se colocan en moldes y en 3 pasos obtienen la forma semiesférica. Las piezas semiesféricas, una vez secas, se retiran de los moldes y se colocan en un torno para remover la rebaba. Se colocan dos mitades en un molde para unirse y se pegan con un adhesivo base alcohol. Se agitan con arena en molinos para lijar las uniones. Se miden los índices de calidad y las pelotas que obtienen los mejores resultados se rotulan con 5, 4 o 3 estrellas y las que obtienen los peores resultados se rotulan con 2, 1 o sin estrellas (Figura 23) [20].



Figura 23. Proceso de fabricación de las pelotas de celuloide [20].

El rotomoldeo o moldeo rotacional es el proceso de transformación del polímero empleado para producir piezas huecas, en el que el polímero en forma de pellets o en estado líquido se vierte dentro de un molde mientras gira en dos ejes biaxiales. El polímero se funde mientras se distribuye y adhiere en toda la superficie interna. Finalmente el molde se enfría para permitir la extracción de la pieza terminada (Figura 24).

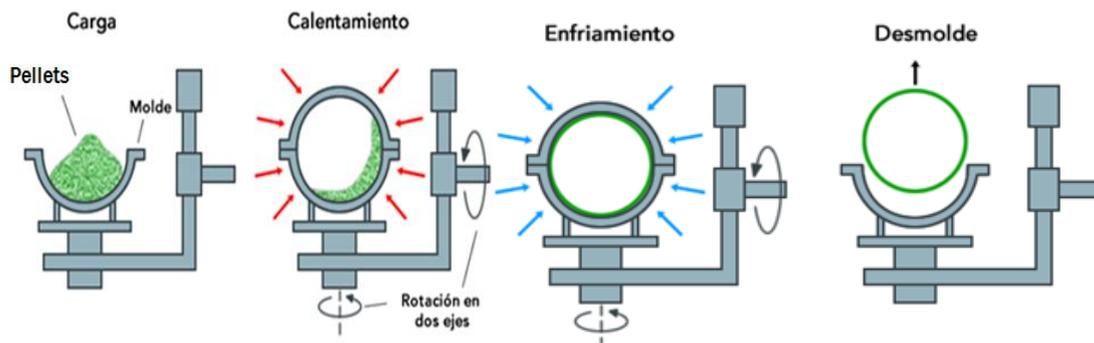


Figura 24. Proceso de fabricación de las pelotas de polímero.

## 2.6.4 Raquetas

A las raquetas también se les conoce como palas o bates. De acuerdo con el *Handbook* de la ITTF, las especificaciones de una raqueta reglamentaria para jugar tenis de mesa son las siguientes (Figuras 25 y 26) [18]:

- Forma: plana y rígida
- Espesor: mínimo 85% madera natural
- Color: 1 lado rojo y 1 lado negro
- Cubierta: hule de granos, 2 [mm] de espesor máximo o hule sándwich, 4 [mm] de espesor máximo.



Figura 25. Lados rojo y negro reglamentarios de una raqueta de tenis de mesa.

La hoja de madera puede estar reforzada con una capa adhesiva de un material fibroso tal como fibra de carbono, fibra de vidrio o papel prensado, pero sin sobrepasar el 7.5% del espesor total o 0.35 [mm], siempre la dimensión inferior (Figura 26).



Figura 26. Refuerzo en la hoja de madera de una raqueta de tenis de mesa.

Las cubiertas de hule deben tener los granos distribuidos de manera uniforme por su superficie, con una densidad no menor a 10 [granos/cm<sup>2</sup>] ni mayor a 30 [granos/cm<sup>2</sup>].



Figura 27. Diferentes densidades de granos en las cubiertas de hule para raquetas de tenis de mesa.

Existen raquetas de diferente clasificación, de acuerdo al nivel de juego y al fabricante. En algunos casos se clasifican por estrellas y en otros por categorías y números (Figura 28) [21].



Figura 28. Mangos de raquetas de tenis de mesa de diferentes formas.

### 2.6.4.1 Agarres

Existen diversas formas de agarrar o sujetar la raqueta: la forma *shakehands* o clásico, y *penhold* o de lapicero.

El agarre clásico es la forma más utilizada de sujetar la raqueta, desde niveles recreativo y amateur hasta profesional (Figura 29). El dedo índice toca uno de los lados de la raqueta y los otros cuatro alrededor del mango de la raqueta.

Con este agarre se desarrollan los golpes de derecha y revés con mucha facilidad.

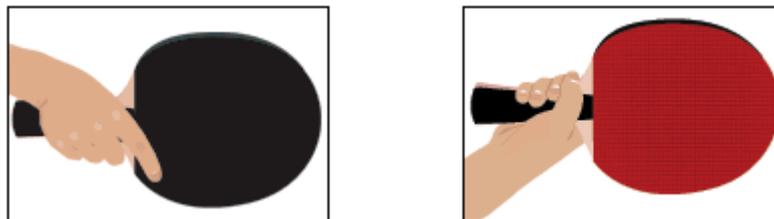


Figura 29. Agarre *shakehands* o clásico, vista frontal y trasera.

El agarre lapicero, como lo indica su nombre, es una forma de sujetar la raqueta similar a sujetar una pluma al escribir. Los dedos pulgar e índice se encuentran alrededor del mango y los otros tres dedos alrededor de uno de los lados de la raqueta (Figura 30).

Este agarre permite a la muñeca moverse libremente, lo que provoca un buen efecto en el saque. Otra ventaja es que el jugador no necesita decidir cuál lado de la raqueta utilizar, ya que siempre se utiliza el mismo lado en todas las jugadas.

Los jugadores chinos son buenos ejemplos de este estilo de agarre, de tal forma que también se le conoce como *chinese penhold*, o agarre de lapicero chino.

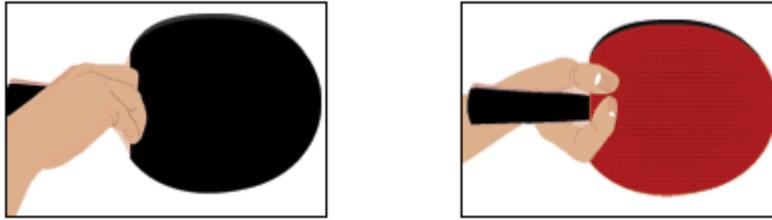


Figura 30. Agarre *penhold* o de lapicero, vista frontal y trasera.

### 2.6.4.2 Nuevos diseños de raquetas

Debido a la gran cantidad de jugadores a nivel mundial que utilizan el agarre *penhold* o de lapicero se han diseñado una serie de raquetas especiales para optimizar este tipo de agarre. Las principales diferencia entre estas nuevas raquetas y las tradicionales se encuentran en el mango y en la geometría (Figura 31).



Figura 31. Raquetas para agarre *penhold* o de lapicero.

Las nuevas raquetas de tenis de mesa “Brodmann Blades™” o raquetas Brodmann son la primera gran innovación en el deporte (Figura 32). Al no tener mango, la nueva raqueta funciona como se tuviera un guante en la mano. Las mejoras en cuanto a confort y ergonomía, al jugar directamente con la mano, proporcionan un mejor control sobre la pelota, un juego más intuitivo y más rápido, más efecto sobre la pelota y un mejor revés [22].

Alfred Brodmann, diseñador de las raquetas Brodmann, menciona que la invención representa la primera idea revolucionaria desde los inicios del deporte en los años 1800.



Figura 32. Raquetas Brodmann (sin hules) [22].

Las raquetas Brodmann están fabricadas con dos caras simétricas y una apertura central para colocar la mano entre ellas, lo que permite golpear la pelota desde la mitad de la mano. El

agujero para el pulgar en uno de los lados permite un mejor agarre y el giro de la raqueta (Figura 33).



Figura 33. Agarre de la raqueta Brodmann [22].

Las raquetas son más intuitivas, ya que se basan en el movimiento de la mano hacia la pelota en lugar de golpear con una superficie que sobresale del miembro. En una comparación deportiva, sucede lo mismo en el béisbol: es mucho más fácil golpear la pelota con las manos que con un bate.

Las raquetas Brodmann aún no están aprobadas para competencias internacionales, a pesar de que tuvieron una buena recepción cuando se presentaron en la ITTF. Se espera que próximamente sean aprobadas dentro del reglamento oficial.

## 2.7 Tipos de golpe

La esencia del juego es golpear la pelota con diferentes efectos para que el adversario no pueda devolverla.

En el tenis de mesa predominan 3 tipos de golpe: *topspin*, *backspin* y *sidespin*, así como combinaciones entre éstos; el tipo de golpe determina el tipo de efecto que adquiere la pelota después de ser golpeada.

### 2.7.1 Topspin

El *topspin* hace que la pelota gire en el mismo sentido de su trayectoria, esto hace que aumente la velocidad de la pelota y que al rebotar tienda a irse hacia arriba (Figuras 34 y 35). Además de ser el más utilizado, es golpe con el que se definen los puntos.

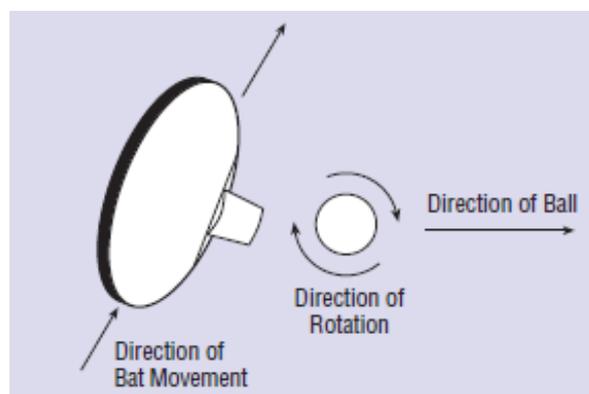


Figura 34. Forma de golpear la pelota para generar un efecto topspin [12].

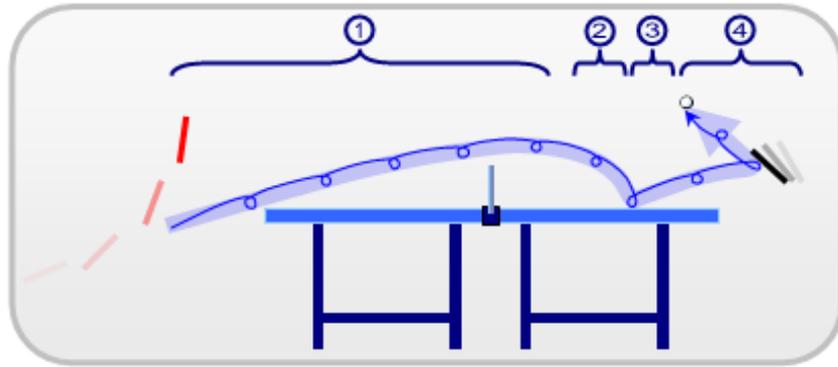


Figura 35. Fases de una pelota con efecto *topspin* [23].

### 2.7.2 Backspin

El *backspin*, también conocido como *underspin* o *chop*, hace que la pelota gire hacia atrás mientras avanza, y al rebotar hace que la pelota se frene y tienda a regresar hacia la red; es un golpe con efecto defensivo (Figuras 36 y 37).

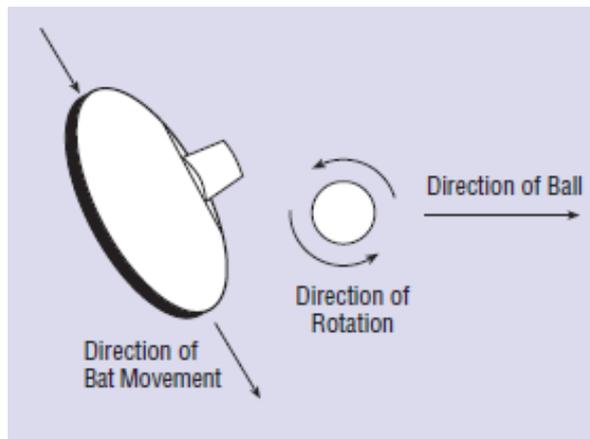


Figura 36. Forma de golpear la pelota para generar un efecto *backspin* [12].

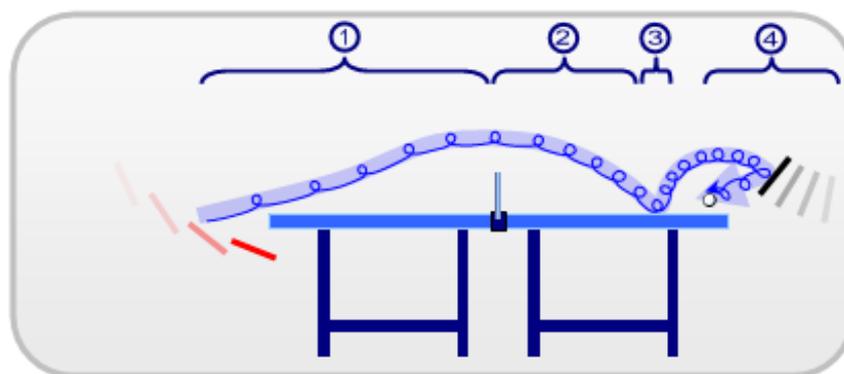


Figura 37. Fases de una pelota con efecto *backspin* [23].

### 2.7.3 Sidespin

El *sidespin* hace que la pelota gire hacia los lados mientras avanza (Figuras 38 y 39). Es el golpe que generalmente se utiliza en los saques.

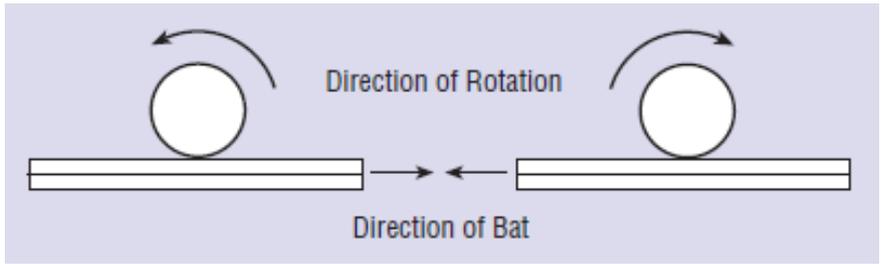


Figura 38. Vista superior de un efecto *sidespin* [12].

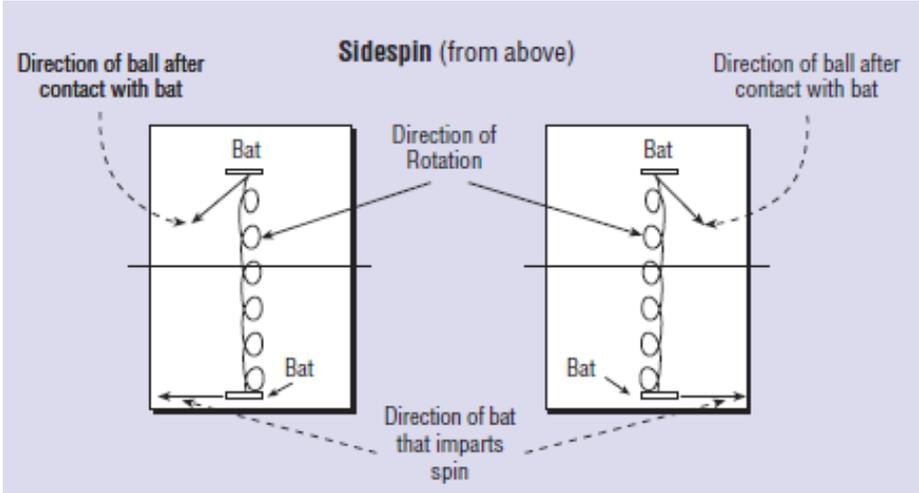


Figura 39. Vista superior de la trayectoria de un efecto *sidespin* [12].

## Capítulo 3. Problemática

---

Saber qué buscar es muy importante antes de empezar a recopilar información. Esto puede llevarse a cabo al responder preguntas como:

- ¿Se está desarrollando un nuevo producto? ¿Se está solucionando un problema con un producto existente?
- ¿Quiénes son los clientes y por qué quieren o necesitan comprar el producto?
- ¿Cuáles son las principales necesidades de estos clientes [24]?

### 3.1 Falta de compañeros de entrenamiento

El tenis de mesa es uno de los deportes más populares a nivel mundial, en parte debido a que no se necesita mucho espacio en instalaciones interiores o muy costosas: lo necesario es una mesa con una red, pelotas, raquetas y un compañero de entrenamiento. Esto permite que las personas de diferente edad, estatura y sexo practiquen este deporte.

Una forma de practicar tenis de mesa, cuando no se tiene algún compañero de entrenamiento, es golpear la pelota contra alguna superficie como la mitad de una mesa plegable, de manera que una mitad se coloca de forma perpendicular a la otra. Uno de los ejemplos más claros de esta forma de entrenar tenis de mesa se observa en la película *Forrest Gump*, donde el protagonista se encuentra en un hospital para heridos de guerra y desea entrenar pero no tiene compañeros que quieran o estén en condiciones de hacerlo.

En una de las escenas de esta película, el protagonista se empieza a familiarizar con el deporte y toma pelotas de una caja para lanzarlas hacia un cómodo y así poder entrenar el saque (Figura 40).



Figura 40: Forrest Gump lanzando pelotas hacia un cómodo [25].

Cuando Forrest Gump adquiere habilidades para el deporte, comienza a practicar golpeando la pelota contra uno de los lados de la mesa, colocado de forma vertical, y cuando adquiere un nivel de competencia, golpea la pelota contra la pared (Figura 41).



Figura 41. Forrest Gump jugando solo [25].

Entrenar solo tiene sus desventajas: no todas las mesas son plegables y no ayuda en la práctica debido a que no se tiene el tamaño completo de la mesa para practicar, además de que no representa el mismo reto que jugar contra otra persona, aunque en algunas ocasiones un jugador de tenis de mesa desea practicar sin otro jugador debido a que tiene un nivel de juego bajo.

En México el factor psicosocial determina gran parte de las decisiones que los individuos toman; esto quiere decir que la sociedad juzga lo que está bien o mal. Antiguamente el practicar solo, como en la película de Forrest Gump no se veía como algo malo, sin embargo hoy en día se tiene una perspectiva diferente; más aun, en algunas páginas de internet se pueden encontrar *memes* sobre ser un *Forever Alone* relacionados con entrenar tenis de mesa solo (Figura 42). Estos memes reflejan un carácter despectivo hacia las personas que realizan esta u otras actividades solas.



Figura 42. Memes de un *Forever Alone* practicando tenis de mesa.

### 3.2 Mesas no reglamentarias

Muchas personas no tienen en sus casas mesas exclusivamente para el tenis de mesa. Hace algunos años y sobre todo en la década de los 90 existió una tendencia de adquirir una mesa de juegos 5 en 1 en la que se podía intercambiar la superficie de juego para disfrutar de varios deportes en uno solo (Figura 43). Este tipo de mesas son mesas de billar a las que se le pueden cambiar las superficies de juego para tener en una sola mesa varios deportes como futbolito, hockey y tenis de mesa.



Figura 43. Mesas de juego multiusos.

También existen las mesas plegables y portátiles para ahorrar espacio cuando se guardan (Figura 44). Tanto las mesas multijuegos como las mesas plegables son de carácter recreativo y no cumplen con las medidas reglamentarias.



Figura 44. Mesas plegables.

### 3.3 Falta de suministro de pelotas

Los jugadores novatos invierten mucho tiempo recuperando pelotas erradas debido a que usan una gran cantidad de pelotas durante el entrenamiento. Si las pelotas se tienen lejos de la mesa, se requiere que el jugador vaya a ese lugar por más pelotas, lo que reduce el tiempo efectivo de entrenamiento. Las pelotas se pueden guardar en los bolsillos pero no permiten almacenar muchas, además de que se pueden dañar. Para ayudar a solucionar este problema existen algunos dispositivos que permiten que el usuario tenga 8 pelotas en la espalda (Figura 45). Este dispositivo permite tener las pelotas cerca sin dañarlas, pero no reduce el tiempo que se utiliza para recuperar pelotas erradas.



Figura 45. Porta pelotas para espalda [22].

También existen dispositivos para almacenar una gran cantidad de pelotas bajo la mesa o a un lado de ella de dos tipos: simples y con mecanismo de lanzamiento. Los dispositivos simples

son soportes o bases en las que se colocan las pelotas (Figura 46). Los dispositivos con mecanismo de lanzamiento envían una pelota hacia el usuario cuando presiona un botón por medio de elementos mecánicos y eléctricos (Figura 47).

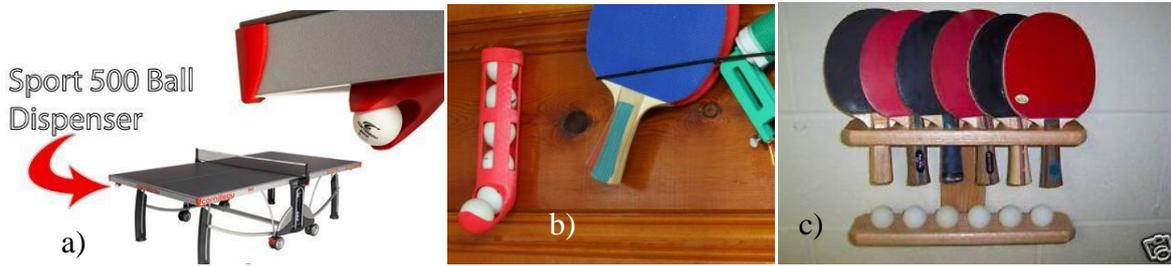


Figura 46. Dispositivos simples para almacenar pelotas: a) dispensador, b) soporte para pelotas, c) soporte para pelotas y raquetas.

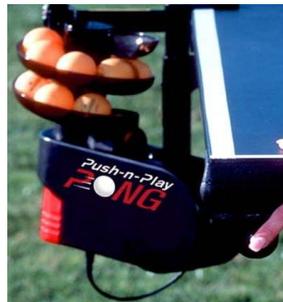


Figura 47. Dispositivo para almacenar pelotas con mecanismo de lanzamiento.

Algunos fabricantes de equipo de tenis de mesa, han incluido en sus diseños más recientes de mesas un aditamento para almacenar pelotas en uno o ambos lados de la mesa (Figura 48). Estos aditamentos permiten almacenar entre 6 y 8 pelotas en los lados laterales de la mesa.



Figura 48. Dispositivos para almacenar pelotas a los lados de la mesa [26].

Por otra parte también existe otro tipo de dispositivos móviles para colocarse en cualquier lugar del área de juego (Figura 49).



Figura 49. Canasta para almacenar pelotas [27].

### 3.4 Desventajas de los dispositivos existentes

La desventaja de los dispositivos de almacenamiento, tanto simples como de mecanismo, es que llega un momento en el que ya no hay pelotas disponibles debido a que todas se encuentran en el piso y para continuar con el entrenamiento es necesario recogerlas y colocarlas nuevamente en el dispositivo (Figura 50).



Figura 50. Entrenamiento de tenis de mesa.

### 3.5 Conclusiones

Los principales problemas a los que se enfrenta un jugador de tenis de mesa son:

- La escasez de compañeros de entrenamiento que se sufre en el tenis de mesa, ya que no siempre es posible tener a otra persona que le mande pelotas para practicar saques y golpes de derecha y de revés.
- La falta de un suministro de pelotas para mantener un golpeo constante durante los entrenamientos, ya que la pérdida de tiempo que se genera al tener que recoger las pelotas del suelo y reinsertarlas en los dispositivos provoca una reducción en el interés del jugador hacia el deporte.
- La ineficiencia de los dispositivos actualmente disponibles, ya que no satisfacen las necesidades de los jugadores de tenis de mesa.

#### 3.5.1 Propuesta de solución

Para dar solución a la problemática descrita, se propone el uso una máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa.

Una máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa es un dispositivo que puede lanzar pelotas de un lado de la mesa hacia el otro, por lo que una persona puede jugar con la máquina sin la necesidad de una segunda persona. Las pelotas son lanzadas a diferentes intervalos de tiempo, con diferentes velocidades, trayectorias y efectos para que el jugador practique diferentes situaciones que se pueden presentar en un partido. Para evitar que las pelotas caigan al suelo, la máquina tendrá una red de captura para detener las pelotas golpeadas por el usuario. Esta máquina simulará los golpes y efectos que un rival haría en los partidos.

## Capítulo 4. Estado del arte

---

El estado del arte es el recorrido que se realiza, a través de una investigación de carácter bibliográfico, con el objeto de conocer y sistematizar la producción científica en determinada área del conocimiento. Esta exploración documental trata de elaborar una lectura de los resultados en los procesos sistemáticos de los conocimientos previos a ella.

El estado del arte tiene dos objetivos:

- Informarse del conocimiento que ya se produjo respecto a determinado tema.
- Comenzar a recuperar las nociones, conceptos, teorías, metodologías y perspectivas desde las cuales se interrogará al objeto de investigación que está construyendo.

Dar cuenta del estado del arte significa explicar qué se ha investigado hasta ahora en relación con nuestro tema específico de estudio, intentando distinguir, además, el modo en que nuestra investigación puede significar un enriquecimiento de los conocimientos existentes.

Los fines de este recorrido son, entre otros, contar con un acervo teórico organizado y jerarquizado de manera que se puedan determinar las constantes, las inconsistencias, las tendencias, y los posibles núcleos problemáticos de interés. Otra posibilidad del estado del arte es que permite visualizar los nuevos campos de investigación [28].

### 4.1 Resultados de la revisión de patentes

En una exhaustiva revisión de patentes disponibles en el sistema de la USPTO se encontró que existen diversos tipos de máquinas o dispositivos lanzadores de pelotas o balones de otros deportes, entre los que se encuentran: béisbol, tenis, fútbol soccer y voleibol, en respectivo orden en número de resultados.

Estos resultados no se descartaron debido a que los principios de funcionamiento son muy similares e inclusive adaptables para un tipo de pelota o balón y otro. Una situación común es que la invención pueda ser utilizada para varios deportes, sin haberse fabricado específicamente para uno. También es común que un inventor o diseñador de un dispositivo o máquina patente su trabajo y posteriormente la utilice en otro deporte sin hacer los cambios pertinentes para optimizar el desempeño. Algunos diseños patentados funcionan de forma eficiente en un deporte y en otros no.

Algunas patentes que se analizaron no se relacionan exactamente con el tenis de mesa, ya que algunas máquinas o dispositivos fueron inventados para otros fines. Otras ya expiraron, sin embargo se toman como ejemplo para analizar sus componentes, funcionamiento, aplicaciones y materiales. Se incluyen dichas patentes debido a que su principio de funcionamiento se podría utilizar para los objetivos de diseño de este trabajo.

En la literatura anglosajona, se encontró que las invenciones de interés para este trabajo son ampliamente conocidas como Ping-Pong Robot o Table Tennis Robot. La diferencia entre estos últimos y los demás es que en los robots es posible controlar la distancia de lanzamiento, manipular algunos parámetros, o programarse. Este tipo de invenciones se asemeja a lo que se pretende realizar en este trabajo.

Algunas de las patentes de las máquinas presentadas no llevan por nombre “Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa”, por lo que es necesario realizar una búsqueda más detallada para encontrar referencias disponibles. Así es como se encontró que algunos diseños llevan por nombre “máquina lanzadora”, “dispositivo lanzador”, “lanzador de objetos y similares”, “lanzador de pelotas”, “dispositivo para entrenar”, “máquina para entrenar”, entre otros. Una gran parte de los diseños existentes fueron idealmente pensados para lanzar cualquier tipo de objetos y posteriormente se descubrió que su funcionamiento podía aplicarse a las pelotas de tenis de mesa.

De esta forma también se puede ocultar un poco alguna invención al no incluir algunas palabras clave como: “máquina, dispositivo, aparato, lanzar, pelota, tenis, tenis de mesa o Ping-Pong” en el nombre de la patente. Esto puede, de cierta manera, ocultar los diseños a las personas ya que se debe realizar una búsqueda minuciosa.

Los resultados encontrados se dividen por su tipo de funcionamiento en 3 categorías: mecánico (Figuras 51 – 52 y Tablas 2 – 3), neumático (Figuras 56 – 62 y Tablas 4 – 6) y eléctrico (Figuras 53 – 55 y Tablas 7 – 13). En algunos casos se encuentran dos de estos sistemas presentes en una máquina, por lo que esta clasificación se basa en el sistema de lanzamiento de las pelotas. Los resultados se muestran en orden cronológico de acuerdo al número de patente.

### 4.1.1 Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento mecánico

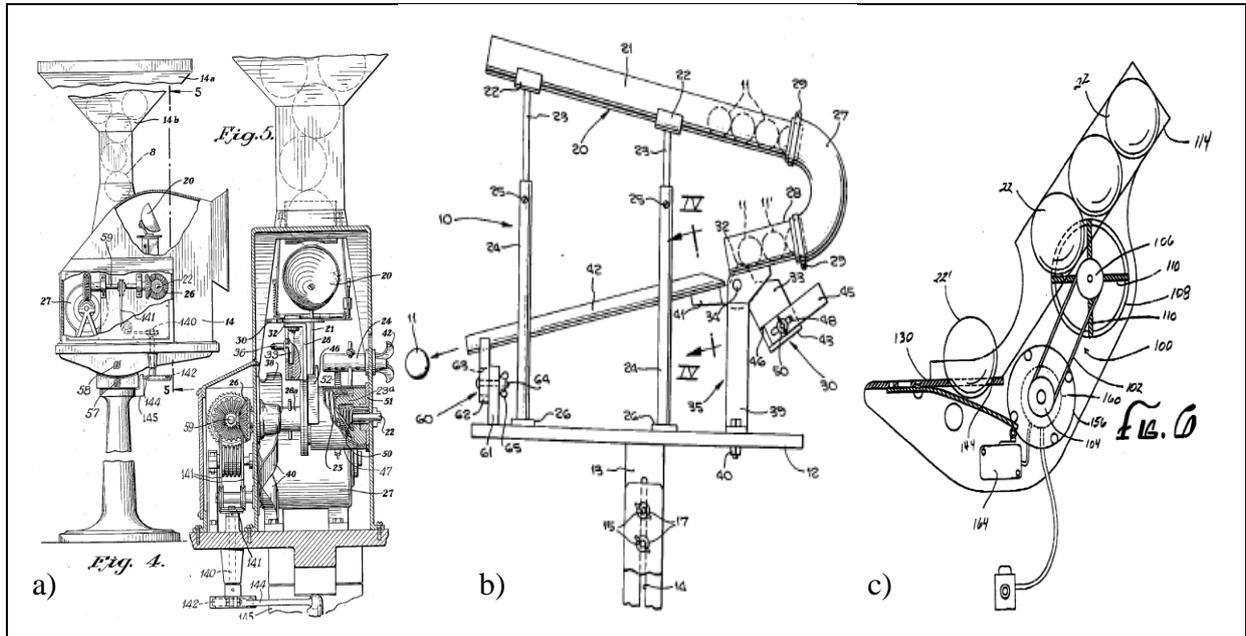


Figura 51. Patentes máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento mecánico [29] [30] [31].  
a) 2,087,575; b) 4,132,214; c) 7,213,724 B1.

<b>Número de patente</b>	2,087,575	4,132,214	7,213,724 B1
<b>Nombre de la patente</b>	<i>Game Device</i>	<i>Ball Delivery Apparatus</i>	<i>Table Tennis Ball Delivery Device</i>
<b>Inventor</b>	Nelson Littell	Marian Schnurr	David S. Langer
<b>Deporte</b>	Tenis	Tenis	Tenis de mesa
<b>Soporte</b>	Columna	Estructura	Prensa
<b>Ubicación</b>	Lado opuesto de la cancha	Junto al usuario	Lados de la mesa
<b>Sistema de distribución</b>	Mecanismo	Mecanismo	Mecanismo
<b>Sistema de lanzamiento</b>	Resortes	Gravedad	Palanca
<b>Control de velocidad</b>	✓	✗	✓ manual
<b>Control de efectos</b>	✗	✗	✗
<b>Control de dirección de lanzamiento</b>	✓ manual	✗	✗
<b>Control de distancia de lanzamiento</b>	✓	✗	✓ manual
<b>Control de número de lanzamientos</b>	✗	✓	✓ manual
<b>Captura de pelotas</b>	✓	✗	✗

Tabla 2. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento mecánico [29] [30] [31].

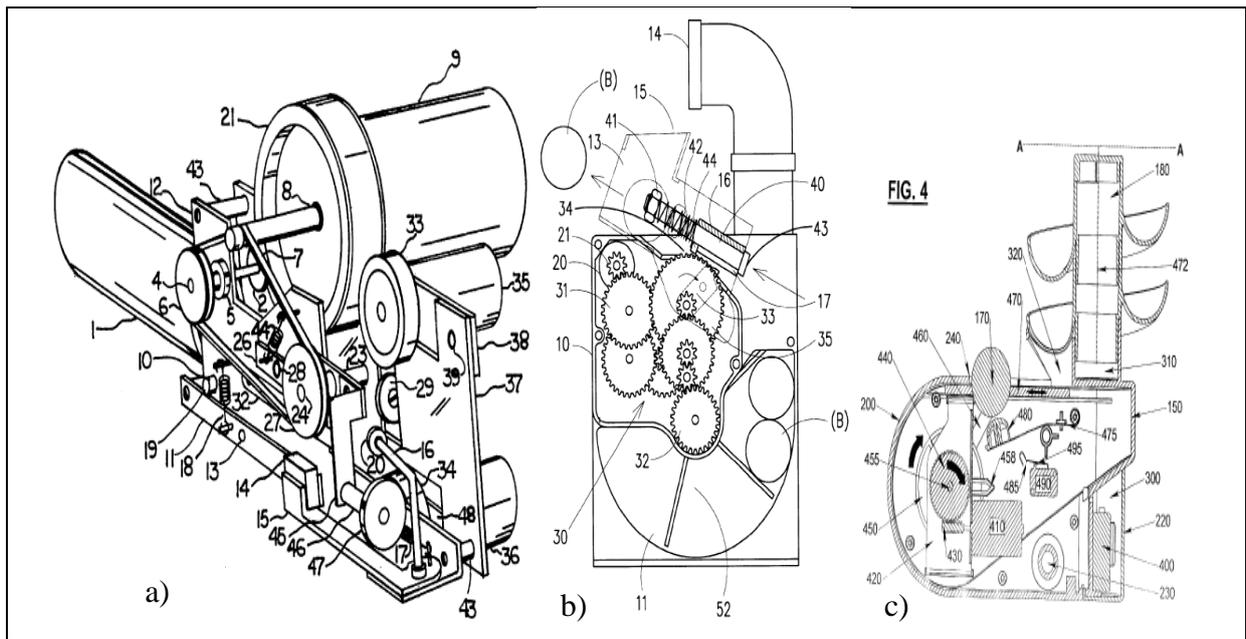


Figura 52. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento mecánico [32] [33] [34].

a) 5,607,151; b) 6,604,517 B1; c) 6,691,691 B1

Número de patente	5,607,151	6,604,517 B1	6,691,691 B1
Nombre de la patente	<i>Table Tennis Ball Projector</i>	<i>Table Tennis Serving Machine</i>	<i>Table Tennis Ball Distribution and Storage Apparatus and Method</i>
Inventor	Westphal Daley	Tsung-Chih Chao	Brian Beynon
Deporte	Tenis de mesa	Tenis de mesa	Tenis de mesa
Soporte	Estructura	Tripié	Prensa
Ubicación	Cualquier lugar de la cancha	Lado opuesto de la mesa	Orillas de la mesa
Sistema de distribución	1 motor y 1 disco	Distribuidor	Mecanismo
Sistema de lanzamiento	Discos de hule	Resorte	Palanca
Control de velocidad	✓	✓ manual	✓ manual
Control de efectos	✓	✗	✗
Control de dirección de lanzamiento	✗	✗ manual	✗
Control de distancia de lanzamiento	✓	✗ manual	✓ manual
Control de número de lanzamientos	✓	✓	✓ manual
Captura de pelotas	✗	✓	✗

Tabla 3. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento mecánico [32] [33] [34].

### 4.1.2 Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento neumático

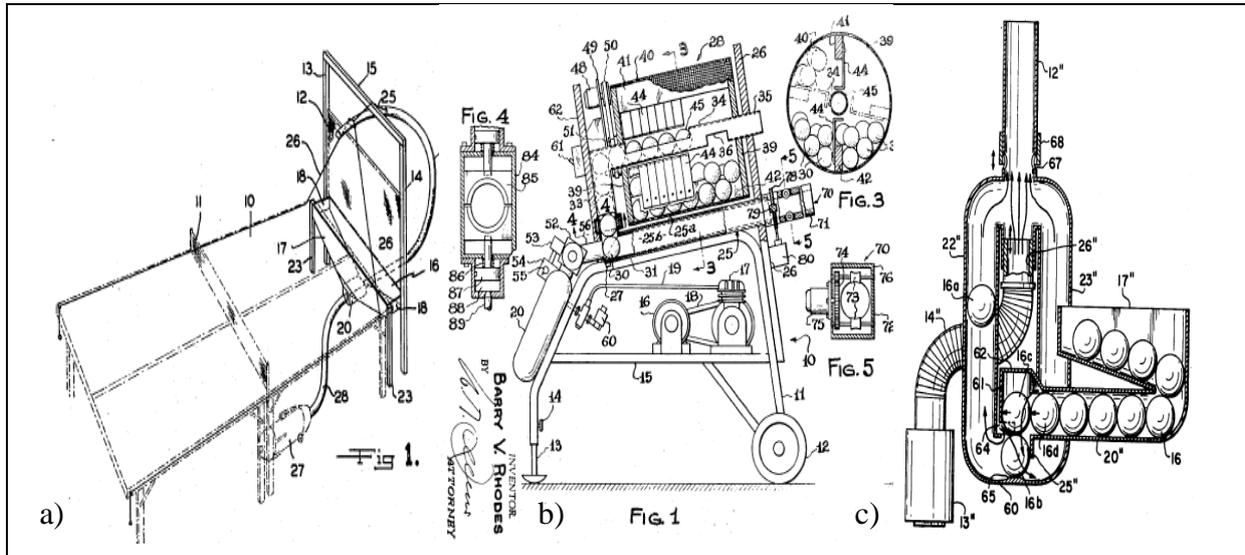


Figura 53. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento neumático [35] [36] [37].  
a) 2,508,461; b) 3,467,073; c) 3,911,888

Número de patente	2,508,461	3,467,073	3,911,888
Nombre de la patente	<i>Apparatus for Practicing Ping-Pong and the like</i>	<i>Automatic Ball Throwing Machine</i>	<i>Pneumatic Ball Thrower With Constriction Formed Vacuum for Drawing Balls from Ball Feed thereof</i>
Inventor	George Lemon	Barry V. Rhodes	Tibor Horvath
Deporte	Tenis de mesa	Tenis	Tenis de mesa
Soporte	Marco	Estructura	Estructura
Ubicación	Lado opuesto de la mesa	Cualquier lugar de la cancha	Lado opuesto de la mesa
Sistema de distribución	Aspiradora	Distribuidor	Soplador
Sistema de lanzamiento	Aspiradora	compresora	Soplador
Control de velocidad	✓ manual	✓	✓ manual
Control de efectos	✗	✓	✗
Control de dirección de lanzamiento	✓ manual	✓ manual	✓ manual
Control de distancia de lanzamiento	✗	✓	✓ manual
Control de número de lanzamientos	✗	✓ manual	✓ manual
Captura de pelotas	✓	✗	✗

Tabla 4. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento neumático [35] [36] [37].

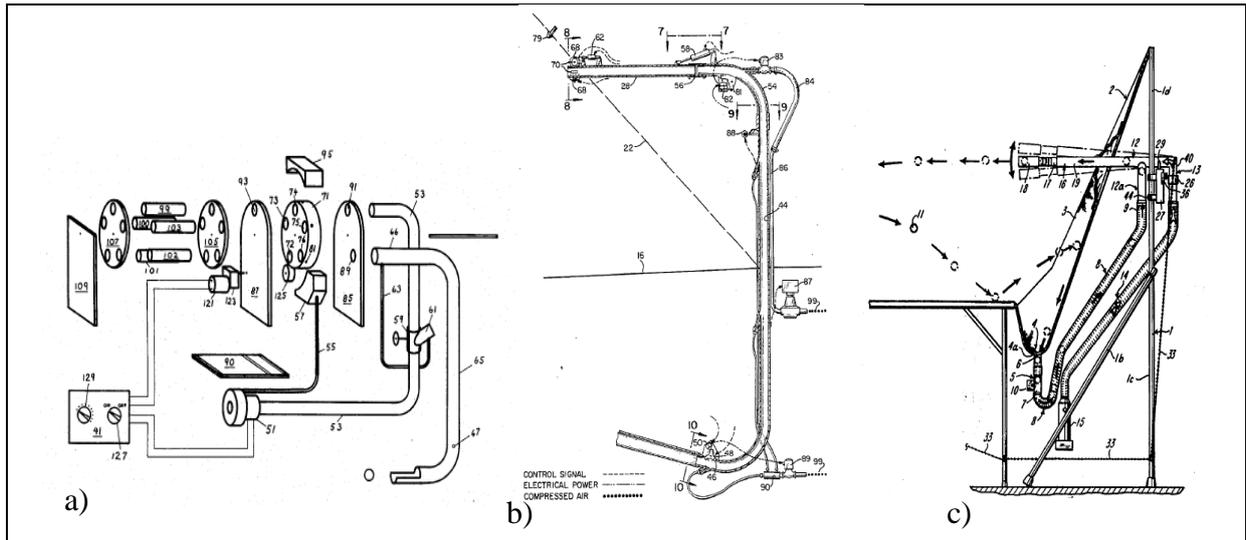


Figura 54. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento neumático [38] [39] [40].  
a) 3,917,265; b) 3,989,245; c) 4,002,336

Número de patente	3,917,265	3,989,245	4,002,336
Nombre de la patente	<i>Pneumatic Ball Ejecting Machine</i>	<i>Tennis Practice Device Having Pneumatic Ball Projector</i>	<i>Table Tennis Training Device</i>
Inventor	Michael Robert Schrier	Paul Augustine	Dennis Beaver
Deporte	Tenis de mesa	Tenis	Tenis de mesa
SopORTE	Estructura	Estructura	Estructura
Ubicación	Lado opuesto de la mesa	Lado opuesto de la cancha	Lado opuesto de la mesa
Sistema de distribución	Ventilador	Mecanismo	Soplador
Sistema de lanzamiento	Ventilador	Compresora	Soplador
Control de velocidad	✗	✓ manual	✓
Control de efectos	✗	✓	✓
Control de dirección de lanzamiento	✓ manual	✓	✓ manual
Control de distancia de lanzamiento	✓ manual	✓	✓
Control de número de lanzamientos	✗	✓ manual	✓
Captura de pelotas	✓	✓	✓

Tabla 5. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento neumático [38] [39] [40].

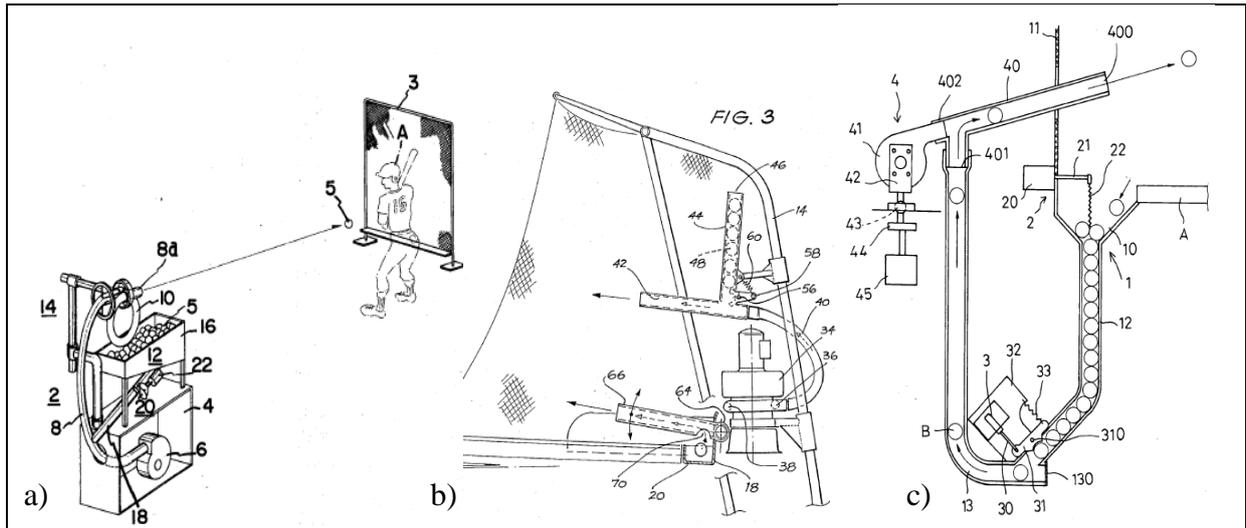


Figura 55. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento neumático [41] [42] [43] [44].  
a) 4,270,511; b) 4,735,405 y 4,886,269; c) 2007/0221187 A1

<b>Número de patente</b>	4,270,511	4,735,405 y 4,886,269	2007/0221187 A1
<b>Nombre de la patente</b>	<i>Apparatus for Shooting a Curve Ball</i>	<i>Table Tennis Practice Aid</i>	<i>Table Tennis Ball Service Machine</i>
<b>Inventor</b>	Goro Ehama	Claude C.A. Marocco	Meng-Fu Chen
<b>Deporte</b>	Béisbol	Tenis de mesa	Tenis de mesa
<b>Soporte</b>	Estructura	Estructura	-
<b>Ubicación</b>	Lado opuesto al bateador	Lado opuesto de la mesa	Lado opuesto de la mesa
<b>Sistema de distribución</b>	Mecanismo	Mecanismo en lanzador principal Succión en lanzadores secundarios	Mecanismo
<b>Sistema de lanzamiento</b>	Soplador	Compresora	Soplador
<b>Control de velocidad</b>	✓	✓	✓
<b>Control de efectos</b>	✓ manual	✗	✗
<b>Control de dirección de lanzamiento</b>	✓ manual	✗	✓ manual
<b>Control de distancia de lanzamiento</b>	✓	✓	✓
<b>Control de número de lanzamientos</b>	✓	✓ manual en lanzador principal ✗ en lanzadores secundarios	✓
<b>Captura de pelotas</b>	✗	✓	✓

Tabla 6. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento neumático[41] [42] [43] [44].

### 4.1.3 Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico

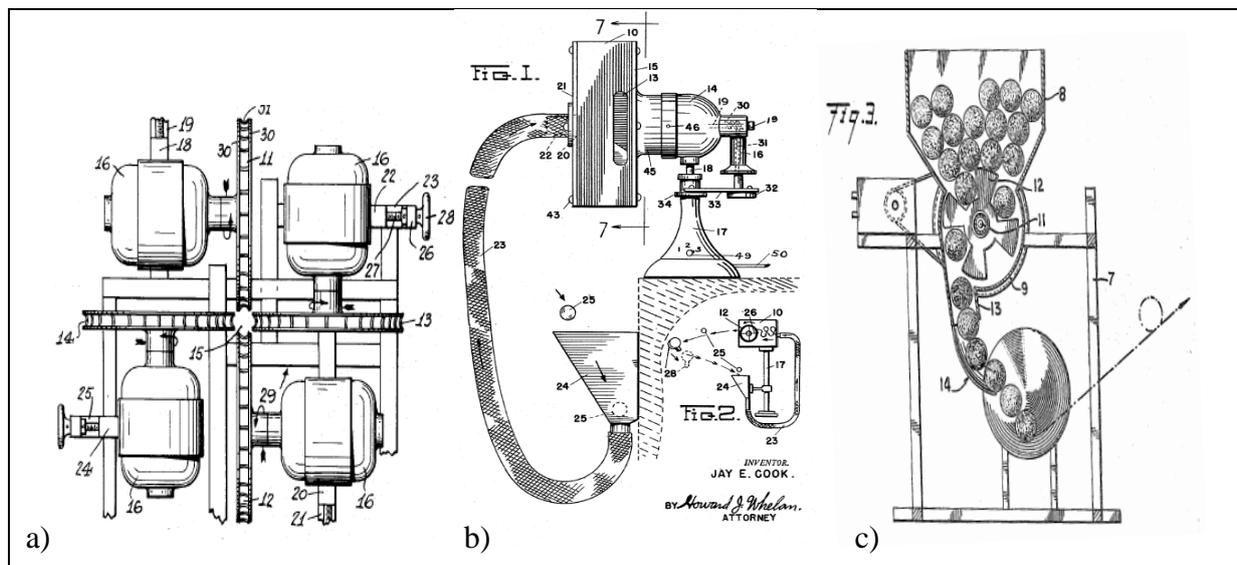


Figura 56. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [45] [46] [47].

a) 2,716,973; b) 2,793,636; c) 3,399,660

Número de patente	2,716,973	2,793,636	3,399,660
Nombre de la patente	<i>Ball Throwing Machine</i>	<i>Ball Throwing Machine</i>	<i>Ball Throwing Machine Having Two Rotatable Discs With Converging And Diverging Interstices</i>
Inventor	Paul Francis Desi	Jay E. Cook	Edward Swartout
Deporte	Béisbol	Tenis de mesa	Tenis
Soporte	Estructura	Columna	Estructura
Ubicación	Lado opuesto al bateador	Lado opuesto de la mesa	Cualquier lugar de la cancha
Sistema de distribución	Pistón	Ventilador	Distribuidor
Sistema de lanzamiento	4 motores y 4 discos	1 motor y 1 distribuidor	2 motores y 2 discos
Control de velocidad	✓	✓	✓
Control de efectos	✓	✗	✓
Control de dirección de lanzamiento	✗	✓ manual	✓
Control de distancia de lanzamiento	✓	✓	✓
Control de número de lanzamientos	✓	✓	✓
Captura de pelotas	✗	✗	✗

Tabla 7. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [45] [46] [47].

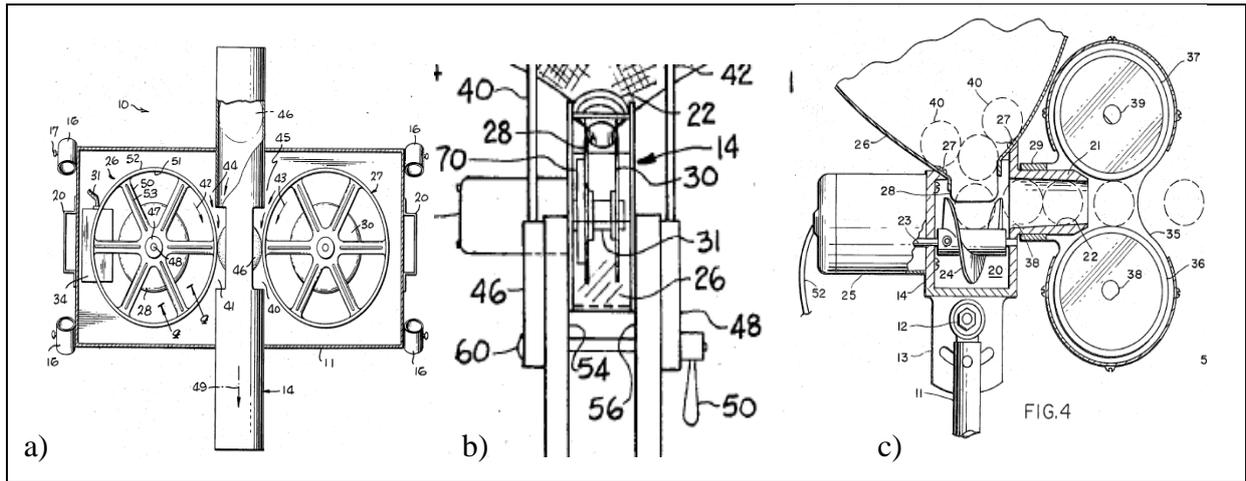


Figura 57. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [48] [49] [50] [51] [52] [53].

a) 3,538,900; b) 2,925,811; 3,375,005; 3,713,658 y 3,761,085; c) 3,794,011

Número de patente	3,538,900	2,925,811; 3,375,005; 3,713,658 y 3,761,085	3,794,011
Nombre de la patente	<i>Ball Projecting Device Having Two Rotatable Wheels</i>	<i>Ball Throwing Machine, Ball Throwing Machine and Target Net, Ball Throwing and Receiving System y Table Tennis Practice and Game Equipment</i>	<i>Ball Projecting Device with Spin Producing Mechanism</i>
Inventor	Carl E. Samuels	Jay E. Cook	Joseph E. Newgarden
Deporte	Béisbol	Tenis de mesa	Tenis de mesa
Soporte	Estructura	Tripié	Prensa
Ubicación	Lado opuesto al bateador	Lado opuesto de la mesa	Lados de la mesa
Sistema de distribución	Gravedad	1 motor y 2 discos	Tornillo sin fin
Sistema de lanzamiento	2 motores y 2 discos	1 motor y 2 discos	1 motor y 2 discos
Control de velocidad	✓	✓	✓
Control de efectos	✓	✓ manual	✓ manual
Control de dirección de lanzamiento	✓ manual	✓ manual	✓ manual
Control de distancia de lanzamiento	✓	✓	✓
Control de número de lanzamientos	✗	✗	✓
Captura de pelotas	✗	✓	✗

Tabla 8. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [48] [49] [50] [51] [52] [53].

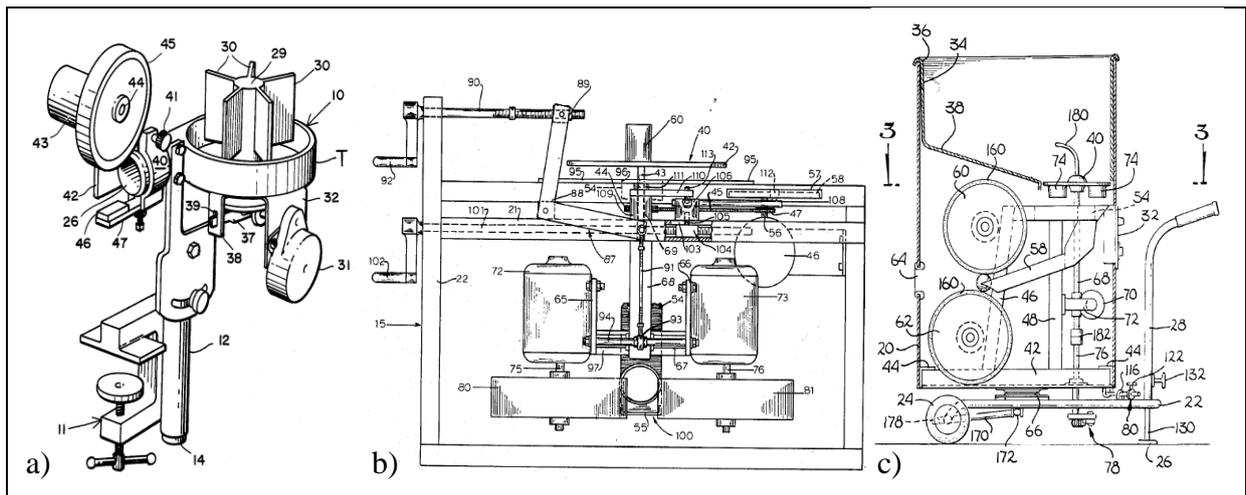


Figura 58. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [54] [55] [56] [57].  
a) 3,878,827; b) 3,777,732 y 3,913,552; c) 4,086,903

Número de patente	3,878,827	3,777,732 y 3,913,552	4,086,903
Nombre de la patente	<i>Table Tennis Ball Serving Apparatus</i>	<i>Device Having Coacting Wheels for Projecting Tennis Balls y Device Having Tiltable and Rotatable Coacting Wheels for Projecting Tennis Balls</i>	<i>Tennis Ball Throwing Machine</i>
Inventor	Joseph E. Newgarden	Alfredo S. Yarur	Jack C. Scott
Deporte	Tenis de mesa	Tenis	Tenis
Soporte	Prensa	Estructura	Estructura
Ubicación	Lados de la mesa	Cualquier lugar de la cancha	Cualquier lugar de la cancha
Sistema de distribución	Distribuidor	Distribuidor	Distribuidor
Sistema de lanzamiento	1 motor y 1 disco	2 motores y 2 discos	2 motores y 2 discos
Control de velocidad	✓	✓	✓
Control de efectos	✗ impredecibles	✓	✓
Control de dirección de lanzamiento	✓ manual	✓ manual	✓ manual
Control de distancia de lanzamiento	✓	✓	✓
Control de número de lanzamientos	✓	✓	✓
Captura de pelotas	✗	✗	✗

Tabla 9. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico[54] [55] [56] [57].

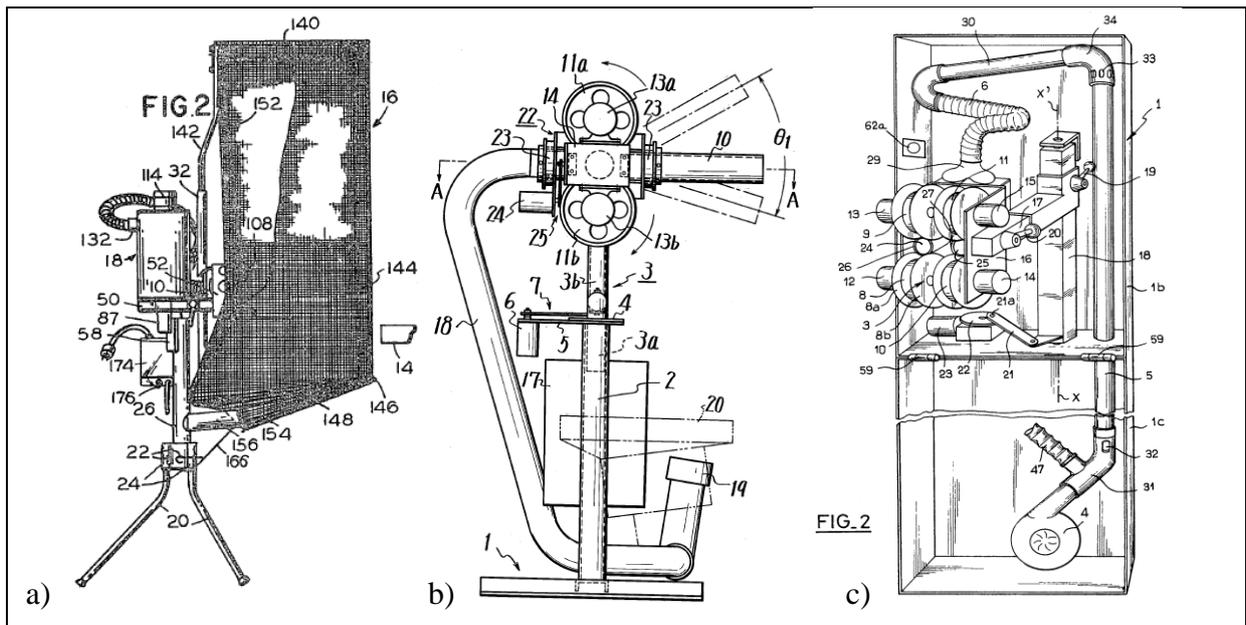


Figura 59. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [58] [59] [60].  
a) 4,116,438; b) 4,325,351; c) 4,559,918

Número de patente	4,116,438	4,325,351	4,559,918
Nombre de la patente	<i>Table Tennis Robot</i>	<i>Coacting Wheel Ball Emitting Device of Tennis Training System</i>	<i>Ball Throwing Device with Ball Throwing Heads and Ball Conveying System Including Y-Junction</i>
Inventor	Gustave Berliner	Sueto Yuasa	Jean-Paul Ballerin
Deporte	Tenis de mesa	Tenis	Tenis de mesa
Soporte	Tripié	Estructura	Estructura
Ubicación	Lado opuesto de la mesa	Cualquier lugar de la cancha	Lado opuesto de la mesa
Sistema de distribución	Ventilador	Soplador	Soplador
Sistema de lanzamiento	1 motor y 2 discos	2 motores y 2 poleas	2 cabezales de 2 motores y 2 discos
Control de velocidad	✓	✓	✓
Control de efectos	✓	✓	✓
Control de dirección de lanzamiento	✓ manual	✓ manual	✓ semi-automático
Control de distancia de lanzamiento	✓	✓	✓
Control de número de lanzamientos	✓	✓	✓
Captura de pelotas	✓	✓	✓

Tabla 10. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [58] [59] [60].

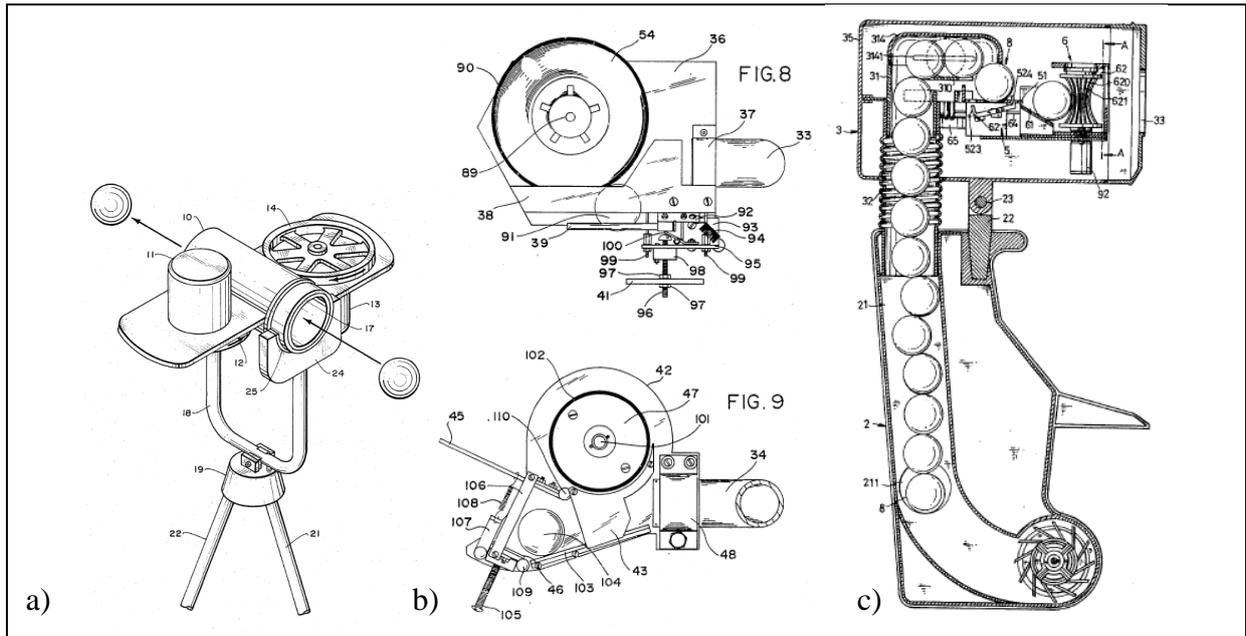


Figura 60. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [61] [62] [63].  
a) 4,632,088; b) 4,765,618; c) 5,533,722

Número de patente	4,632,088	4,765,618	5,533,722
Nombre de la patente	<i>Ball Throwing Apparatus</i>	<i>Table Tennis Robot</i>	<i>Table Tennis Training System</i>
Inventor	Norman R. Bruce	Westphal Daley	Tzu-Hao Lu
Deporte	Béisbol	Tenis de mesa	Tenis de mesa
Soporte	Tripié	Prensa	Prensa
Ubicación	Lado opuesto al bateador	Lado opuesto de la mesa	Lado opuesto de la mesa
Sistema de distribución	Manual	Ventilador	Ventilador
Sistema de lanzamiento	2 motores y 2 discos	2 cabezales de 1 motor y 1 disco	2 motores y 2 hiperboloides
Control de velocidad	✓	✓	✓
Control de efectos	✓	✓	✓
Control de dirección de lanzamiento	✓ manual	✓ manual	✓ manual
Control de distancia de lanzamiento	✓	✓	✓
Control de número de lanzamientos	✗	✓	✓
Captura de pelotas	✗	✓	✓

Tabla 11. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico[61] [62] [63].

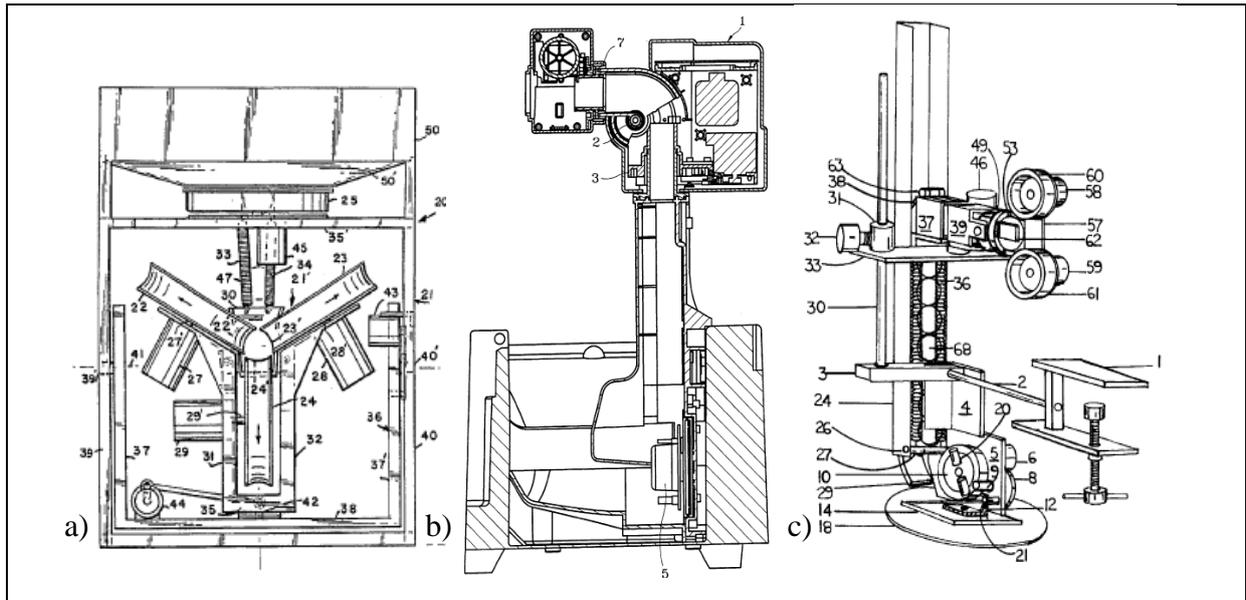


Figura 61. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [64] [65] [66].  
a) 5,649,523; b) 6,186,132; c) 6,371,872

Número de patente	5,649,523	6,186,132	6,371,872
Nombre de la patente	<i>Ball Throwing Apparatus</i>	<i>On-Court Service Machine for Table Tennis</i>	<i>Lateral Positioning and Recycling Table Tennis Robot</i>
Inventor	Jack C. Scott	Chen-Chun Ko	Westphal Daley
Deporte	Béisbol	Tenis de mesa	Tenis de mesa
Soporte	Estructura	Prensa	Prensa
Ubicación	Lado opuesto al bateador	Lado opuesto de la mesa	Lado opuesto de la mesa
Sistema de distribución	Distribuidor	Distribuidor	Palanca
Sistema de lanzamiento	3 motores y 3 discos	1 motor y 1 disco	2 motores y 2 discos
Control de velocidad	✓	✓	✓
Control de efectos	✓	✓	✓
Control de dirección de lanzamiento	✗	✓	✓ manual
Control de distancia de lanzamiento	✓	✓	✓
Control de número de lanzamientos	✓	✓	✓
Captura de pelotas	✓	✓	✓

Tabla 12. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [64] [65] [66].

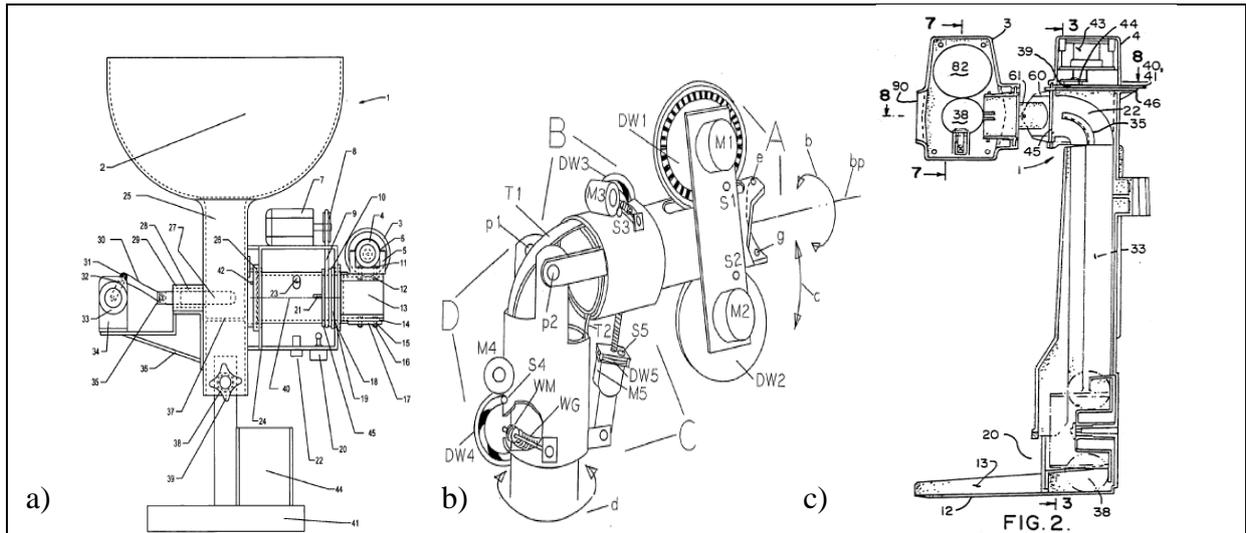


Figura 62. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [67] [68] [69] [70] [71] [72] [73] [74].

a) 2007/0238555 A1; b) 2009/0011872 A1; c) 4,844,458; 4,854,588; 4,917,380; 5,009,421; 5,485,995 y 2012/0196707 A1

<b>Número de patente</b>	2007/0238555 A1	2009/0011872 A1	4,844,458; 4,854,588; 4,917,380; 5,009,421; 5,485,995; 2012/0196707 A1
<b>Nombre de la patente</b>	<i>Automatic Table Tennis Server</i>	<i>Digitally Controlled, User Programmable And Field Relocatable Table Tennis Robot</i>	<i>Robot Table Tennis Ball Server Assembly</i>
<b>Inventor</b>	Xiangdong Fang	He Zhang	Joseph E. Newgarden y Gary Gatchel, Newgy Industries
<b>Deporte</b>	Tenis de mesa	Tenis de mesa	Tenis de mesa
<b>Soporte</b>	Columna	Tripié	Estructura
<b>Ubicación</b>	Lado opuesto de la mesa	Lado opuesto de la mesa	Lado opuesto de la mesa
<b>Sistema de distribución</b>	Pistón	Distribuidor	Distribuidor
<b>Sistema de lanzamiento</b>	2 motores y 2 discos	2 motores y 2 discos	1 motor y 1 disco
<b>Control de velocidad</b>	✓	✓	✓
<b>Control de efectos</b>	✓	✓	✓
<b>Control de dirección de lanzamiento</b>	✓ manual	✓	✓
<b>Control de distancia de lanzamiento</b>	✓	✓	✓
<b>Control de número de lanzamientos</b>	✓	✓	✓
<b>Captura de pelotas</b>	✗	✓	✓

Tabla 13. Patentes de máquinas lanzadoras de pelotas de funcionamiento eléctrico [67] [68] [69] [70] [71] [72] [73] [74].

## 4.2 Conclusiones de la revisión de patentes

De acuerdo a los resultados de la revisión de patentes se obtienen las siguientes conclusiones:

Algunas máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa son adaptaciones de máquinas lanzadoras de pelotas de béisbol. Algunas de estas máquinas lanzan satisfactoriamente pelotas de tenis de mesa, sin embargo, presentan algunas deficiencias como: dañar las pelotas, lanzar con efectos incontrolables o no deseados, no variar la velocidad de los lanzamientos, no controlar el tiempo entre lanzamientos, no ajustar el ángulo vertical del sistema de lanzamiento y lanzar varias pelotas al mismo tiempo, además, es necesario realizar manualmente la carga de pelotas.

Las patentes de máquinas lanzadoras de funcionamiento mecánico son las más antiguas, lo que se refleja en los números de patente, pues datan de 1937. Los dispositivos mecánicos son complejos y poseen un gran número de componentes y piezas si se desean tener varias funciones. Si las máquinas se simplifican, les faltaría un amplio rango de lanzamientos para la práctica óptima del tenis de mesa. Estas máquinas son muy robustas ya que no es posible controlar los efectos sobre las pelotas, aunque en algunas es posible modificar la distancia y velocidad de lanzamiento. Las máquinas lanzadoras de funcionamiento mecánico no son útiles a largo plazo, ya que si un componente falla toda la máquina también lo hace.

Las patentes de máquinas lanzadoras de funcionamiento neumático tienen una configuración relativamente sencilla, pues en la mayoría de los diseños solamente se necesita una compresora o un soplador y una válvula y tubería. Por otra parte, en otros diseños más robustos es necesario un tanque para almacenar el aire comprimido. En estas máquinas es posible controlar la velocidad y dirección de lanzamiento, sin embargo no es posible controlar los efectos sobre las pelotas. Las máquinas lanzadoras de funcionamiento neumático no son útiles a largo plazo, ya que el no tener un control de los efectos sobre las pelotas no representa un reto sobre para el jugador.

Las patentes de máquinas lanzadoras de funcionamiento eléctrico tienen una configuración relativamente sencilla, pues en la mayoría de los diseños solamente se necesitan motores, discos de lanzamiento y un distribuidor. En estas máquinas es posible controlar la velocidad y los efectos sobre las pelotas, así como la dirección, la distancia y el número de lanzamientos. Por esto es que se determina que el tipo de máquina lanzadora más conveniente a repetir es el de sistema eléctrico.

## 4.3 Benchmarking

*Benchmarking*, también llamado comparación referencial, es un anglicismo que proviene de la palabra *benchmark* que en inglés significa la acción de tomar un objeto como modelo con el fin de hacer una comparación. Las definiciones más relevantes para este trabajo son:

“El *benchmarking* es el proceso continuo de medir productos, servicios y prácticas contra los competidores más duros o aquellas compañías reconocidas como líderes en la industria” (David T. Kearns).

“El *benchmarking* es el proceso sistemático y continuado que emprende una empresa concreta para aprender de las mejores a nivel mundial

mediante la evaluación comparativa de productos, servicios, procesos, métodos, procedimientos, estrategias” (José M. Viedma).

Es esencial obtener información técnica acerca de la industria y los productos que se están analizando. Algunas preguntas relevantes son: ¿Quiénes son los grandes representantes? ¿Cuáles son las tendencias actuales? ¿Qué materiales se usan [24]?

El principal país fabricante de máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa es EE. UU. Son popularmente conocidas como *Table Tennis robot* o *Ping-Pong robot*. Las principales marcas son: Newgy, IPONG, Oukei, Killerspin, AMDT, BUTTERFLY y Paddle Palace. Cada una de estas marcas tiene diferentes modelos y precios de acuerdo al tipo de usuario al que están dirigidos, es decir, los modelos más simples son para jugadores casuales o niños y los modelos más equipados son para jugadores semiprofesionales o profesionales.

En México no se diseña, fabrica o ensambla este tipo de máquinas, ni objetos similares. No es posible su compra directamente con el fabricante, se realiza a través de intermediarios por medio de tiendas *online* como: craigslist, eBay o algunos sitios de internet de anuncios clasificados, lo que aumenta el precio del producto debido al costo de envío y si el vendedor se encuentra en el extranjero, el aumento es aún mayor debido al pago de impuestos.

#### **4.3.1 Resultados del benchmarking**

La diversidad de máquinas disponibles en el mercado y sus especificaciones se muestran en las siguientes tablas\* \*\*:

\*Las especificaciones que no es posible consultar se indican con no disponible (ND).

\*\*Los precios que se muestran son en dólares sin impuestos ni gastos de envío.

## Newgy

Característica\Modelo	2050	2040	1050	1040	540
Capacidad de pelotas	120	120	220	200	90
Peso [kg]	7.89	7.89	4.21	3.81	2.54
Velocidad mínima [km/h]	<16.09	<16.09	<16.09	<16.09	<16.09
Velocidad máxima [km/h]	104.61	96.56	104.61	96.56	88.51
Pelotas por minuto	1.2 – 170	26 – 94	1.2 – 70	26 – 94	13 – 63
Energía	120 [V] (A/C)				
Red de captura	✓	✓			
Control remoto	✓	✓	✓	✓	✓
Variedad de efectos	✓topspin ✓backspin ✓sidespin				
Ajuste de cabezal	✓	✓	✓	✓	✓
Precio	\$659	\$559	\$399	\$299	\$199

Tabla 14. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Newgy [75].



Figura 63. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Newgy [75].  
 a) modelo 2050, b) modelo 2040, c) modelo 1050, d) modelo 1040, e) modelo 540

## IPONG

Característica\Modelo	Topspin	Original	Pro
Capacidad de pelotas	110	110	110
Peso [kg]	2.72	2.72	2.72
Velocidad mínima [km/h]	ND	ND	ND
Velocidad máxima [km/h]	ND	ND	ND
Pelotas por minuto	12 – 70	12 – 70	12 – 70
Energía [V]	6 baterías AA	6 baterías AA o 120 A/C	6 baterías AA o 120 V A/C
Red de captura	✗	✗	✗
Control remoto	✓	✓	✓
Variedad de efectos	✓topspin ✗backspin ✗sidespin	✓topspin ✓backspin ✗sidespin	✓topspin ✓backspin ✗sidespin
Ajuste de cabezal	✗	✗	✓
Precio	\$99.95	\$149.95	\$199.95

Tabla 15. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca IPONG [76].



Figura 64: Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca IPONG [76].

a) Topspin, b) Original, c) Pro

## Oukei

Característica\Modelo	TW-2700 07B	TW-2700 S9 Dual Head	TW-2700 V1	TW-2700 08B
Capacidad de pelotas	ND	ND	ND	ND
Peso [kg]	19.95	24.49	13.6	19.95
Velocidad mínima [km/h]	14.4	14.4	14.4	14.4
Velocidad máxima [km/h]	144	144	144	144
Pelotas por minuto	30 – 100	30 – 100	30 – 100	30 – 100
Energía	120 [V] (A/C)	120 [V] (A/C)	120 [V] (A/C) o baterías	120 [V] (A/C)
Red de captura	✓	✓	✓	✓
Control remoto	✗	✗	✓	✗
Variedad de efectos	✓topspin ✓backspin ✓sidespin			
Ajuste de cabezal	✓	✓ (doble)	✓	✓
Precio	\$1199	\$1699	\$759	\$1299

Tabla 16. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Oukei [77].



Figura 65. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Oukei [77].  
 a) TW-2700 07B, b) TW-2700 S9 Dual Head, c) TW-2700 V1, d) TW-2700 08B

## Killerspin

Característica\Modelo	Throw Robot
Capacidad de pelotas	120
Peso [kg]	7.71
Velocidad mínima [km/h]	14.48
Velocidad máxima [km/h]	144.8
Pelotas por minuto	25 – 105
Energía	120 [V] (A/C)
Red de captura	✓
Control remoto	✓
Variedad de efectos	✓topspin ✓backspin ✗sidespin
Ajuste de cabezal	✓
Precio	\$849

Tabla 17. Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa de la marca Killerspin [78].



Figura 66. Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa de la marca Killerspin, modelo Throw Robot [78].

## AMDT

Característica\Modelo	Y&T S-27	Y&T V-989H	Y&T V-989E	Y&T V-989	Y&T V-981
Capacidad	ND	ND	ND	ND	ND
Peso [kg]	27.6	23.8	23	21.3	13.4
Velocidad mínima [km/h]	14.4	14.4	14.4	14.4	10.8
Velocidad máxima [km/h]	180	180	180	126	108
Pelotas por minuto	25 – 86	25 – 90	25 – 95	30 – 90	25 – 80
Energía	120 [V] (A/C)				
Red de captura	✓	✓	✓	✓	✓
Control remoto	✓	✓	✓	✓	✓
Variedad de efectos	✓topspin ✓backspin ✓sidespin				
Ajuste de cabezal	✓ (doble)	✓	✓	✓	✓
Precio	\$1435.999	\$1650.95	\$1099.95	\$990.95	\$499.99

Tabla 18. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca AMDT [79].



Figura 67. Máquinas lanzadoras de pelotas de de tenis de mesa de la marca AMDT [79].

a) Y&T S-27, b) Y&T V-989H, c) Y&T V-989E, d) Y&T V-981, e) Y&T V-989

## Butterfly

Característica\Modelo	AMICUS BASIC	AMICUS ADVANCE	AMICUS PROFESSIONAL
Capacidad de pelotas	ND	ND	ND
Peso [kg]	6	6	6
Velocidad mínima [km/h]	ND	ND	ND
Velocidad máxima [km/h]	ND	ND	ND
Pelotas por minuto	100		
Energía	120 [V] (A/C)		
Red de captura	✓	✓	✓
Control remoto	✓	✓	✓
Variedad de efectos	✓topspin ✓backspin ✓sidespin		
Ajuste de cabezal	✓	✓	✓
Precio	\$899 €	\$1199 €	\$1499 €

Tabla 19. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Butterfly [27].



Figura 68. Lanzador para las 3 máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Butterfly [27].

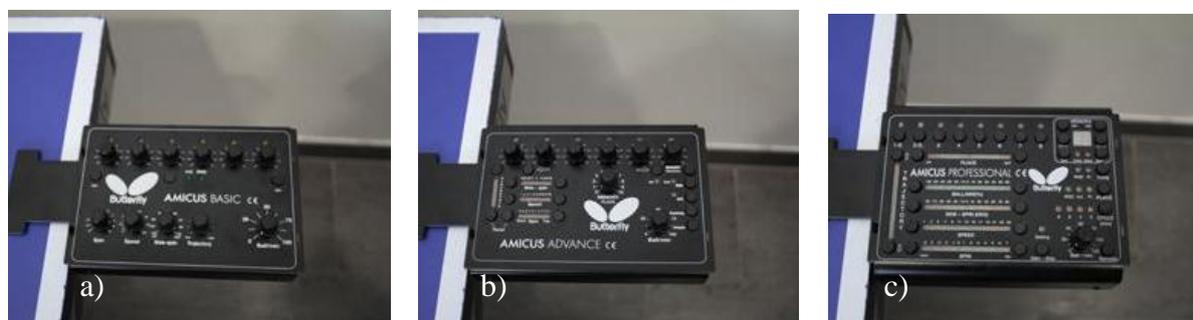


Figura 69. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Butterfly [27].  
 a) AMICUS BASIC, b) AMICUS ADVANCE, c) AMICUS PROFESSIONAL

## Butterfly North America

Característica\Modelo	Smartpong Table Tennis Robot
Capacidad de pelotas	ND
Peso [kg]	9
Velocidad mínima [km/h]	ND
Velocidad máxima [km/h]	ND
Pelotas por minuto	30 – 90
Energía	120 [V] (A/C)
Red de captura	✓
Control remoto	✓
Variedad de efectos	✓topspin ✓backspin ✓sidespin
Ajuste de cabezal	✓
Precio	\$2199.99

Tabla 20. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Butterfly North America [80].



Figura 70. Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa de la marca Butterfly North America, modelo Smartpong Table Tennis Robot [80].

## Paddle Palace

Característica\Modelo	H2W Touch Pro	S4W Pro	A32W Pro	Top Pro
Capacidad de pelotas	100	100	100	100
Peso [kg]	ND	ND	ND	ND
Velocidad mínima [km/h]	ND	ND	ND	ND
Velocidad máxima [km/h]	ND	ND	ND	ND
Pelotas por minuto	28 – 95	25 – 95	30 – 85	28 – 85
Energía	120 [V] (A/C)			
Red de captura	✓	✓	✓	✓
Control remoto	✓	✓	✓	✓
Variedad de efectos	✓ topspin ✓ backspin ✓ sidespin derecho ✓ sidespin izquierdo			
Ajuste de cabezal	✓	✓ (doble)	✓	
Precio	\$1795.95	\$1499.95	\$795.95	\$499.95

Tabla 21. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca Paddle Palace [81].



Figura 71. Máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa de la marca PADDLE PALACE [81].  
 a) H2W Touch Pro, b) S4W Pro, c) A32W Pro, d) Top Pro

## Capítulo 5. Proceso de diseño

---

Diseño es una palabra que se utiliza para referirse a todo el proceso de concepción, invención, visualización, cálculos, formación, refinamiento y la especificación de detalles que determina la forma de un producto ingenieril [82]. Entonces, por diseño se entiende al proceso que transforma los requisitos en las características especificadas de un producto [83].

El proceso de diseño empieza con una necesidad y termina con un conjunto de dibujos e información que permite que el objeto diseñado pueda ser fabricado. Esta necesidad puede ya estar satisfecha por diseños existentes; en esos casos el diseñador espera satisfacer la necesidad de una mejor forma (generalmente de una forma menos costosa) [82].

El proceso de diseño se realiza de forma iterativa hasta alcanzar el diseño más adecuado a las necesidades y requisitos del cliente. Iterar es sinónimo de repetir. En cada iteración se aprende sobre el problema a resolver y las alternativas existentes hasta que se converge al diseño final y se completan las especificaciones descritas inicialmente. La calidad del producto final depende del número de iteraciones realizadas hasta llegar a la solución óptima.

### 5.1 Necesidad

Se necesita una máquina que lance pelotas de Tenis de mesa.

Se desea una máquina que sustituya a un compañero de entrenamiento.

Se desea tener almacenamiento de pelotas cerca.

Se desea evitar tener una gran cantidad de pelotas en el suelo.

### 5.2 Requisitos

Los requisitos, también conocidos como requerimientos, los fija el cliente y son “listas de deseos” que describen lo que el producto debería hacer.

Un buen diseño se basa directamente en lo que el cliente desea, es decir, se ayuda de las respuestas a las preguntas: ¿qué se quiere?, ¿quién lo quiere? y ¿para qué lo quiere?

Siempre debe asegurarse que se está desarrollando lo que el cliente necesita [24].

Los requisitos del cliente son:

- Que lance pelotas de tenis de mesa, tenis y béisbol.
- Que las pelotas lanzadas caigan en un lugar diferente.
- Que lance pelotas con efectos.
- Que no se tarde mucho tiempo entre el lanzamiento de una pelota y otra.
- Que pueda lanzar muchas pelotas
- Que se pueda tener un uso prolongado con la menor cantidad posible de pelotas.
- Que no cometa lanzamientos raros.
- Que en caso de atascarse una pelota, la máquina se pueda apagar.
- Que no haga ruido
- Que se pueda controlar de forma remota con el celular.
- Que se pueda colocar en cualquier parte.

- Que un niño pequeño (edad) pueda usar la máquina sin ayuda de un adulto.
- Que tenga una red o paredes para atrapar las pelotas y reusarlas.
- Que no sea necesario programar o usar una PC para controlarla.
- Que se pueda ver físicamente el número de pelotas por minuto que lanza.
- Que las pelotas duren mucho tiempo.
- Que sea portátil.
- Que no sea muy grande.
- Que pueda usar pilas.
- Que las pilas duren mucho
- Que sea simple
- Que sea atractiva
- Que sea fácil de armar.
- Que las piezas o componentes no se desgasten durante un uso prolongado.
- Que las refacciones sean fáciles de conseguir.
- Que las refacciones sean baratas.
- Que la máquina sea lo más barata posible.

### 5.3 Especificaciones

#### Diferencia entre necesidades, requisitos y especificaciones

- Las **necesidades** son un conjunto vago de deseos que los clientes quisieran que un producto hiciera por ellos y los requisitos son el desglose detallado del diseñador de lo que el producto debería hacer, sin proveer soluciones [24].
- Los **requisitos** son los deseos que expresa en términos vagos y comunes el cliente potencial, se presenta en lenguaje coloquial [1].
- Las **especificaciones** son un procesamiento de la información, significa convertir los deseos en términos ingenieriles de una manera clara [24].

Requerimiento	Métrica	
	Valor	Rango
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que lance pelotas de tenis de mesa, tenis y béisbol.</li> </ul>	Diámetro de los discos de lanzamiento [cm]	5-7
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que las pelotas lanzadas caigan en un lugar diferente.</li> </ul>	Lugar del rebote [m <sup>2</sup> ]	Área del lado opuesto de la mesa
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que lance pelotas con efectos.</li> </ul>	Giro del cabezal de lanzamiento [°]	0 – 90°
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que no se tarde mucho tiempo entre el lanzamiento de una pelota y otra.</li> <li>• Que pueda lanzar muchas pelotas</li> </ul>	Número de lanzamientos [pelotas/min]	0 – 60
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que se pueda tener un uso prolongado con la menor cantidad posible de pelotas.</li> </ul>	Número de pelotas [número]	50 – 60
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que no cometa lanzamientos raros.</li> </ul>	Confiability [%]	90 – 100

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que en caso de atascarse una pelota, la máquina se pueda apagar.</li> </ul>	Paro de emergencia [seg]	1 - 5
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que no haga ruido</li> </ul>	Niveles de ruido [dB]	<40
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que se pueda controlar de forma remota con el celular.</li> </ul>	Control a distancia [m]	5 – 7
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que se pueda colocar en cualquier parte.</li> </ul>	Lugar de colocación [m <sup>2</sup> ]	Lado opuesto de la mesa
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que un niño pequeño (edad) pueda usar la máquina sin ayuda de un adulto.</li> </ul>	Velocidad de lanzamiento [km/hr]	>40
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que tenga una red o paredes para atrapar las pelotas y reusarlas.</li> </ul>	Región de captura [m <sup>2</sup> ]	Lado opuesto de la mesa
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que no sea necesario programar o usar una PC para controlarla.</li> </ul>	Tiempo de programación [seg]	0
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que se pueda ver físicamente el número de pelotas por minuto que lanza.</li> </ul>	Zona de indicadores [cm <sup>2</sup> ]	5 – 10
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que las pelotas duren mucho tiempo.</li> </ul>	Vida útil de las pelotas [meses]	10 – 12
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que sea portátil.</li> </ul>	Peso [kg]	3 – 5
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que no sea muy grande.</li> </ul>	Volumen [m <sup>3</sup> ]	<1m <sup>3</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que pueda usar pilas.</li> </ul>	Energía [V]	9 – 12
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que las pilas duren mucho.</li> </ul>	Duración de la carga [h]	>10
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que sea simple.</li> </ul>	Número de piezas [número]	<20
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que sea atractiva.</li> </ul>	Precio [\$]	< a los de la competencia
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que sea fácil de armar.</li> </ul>	Tiempo de armado [min]	<5
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que las piezas o componentes no se desgasten durante un uso prolongado.</li> </ul>	Vida útil [años]	2 – 3
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que las refacciones sean fáciles de conseguir.</li> </ul>	Tiempo [días]	3 – 5
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que las refacciones sean baratas.</li> <li>• Que la máquina sea lo más barata posible.</li> </ul>	Costo [\$]	< a los de la competencia

Tabla 22. Requerimientos y métrica.

### **Criterios de diseño:**

Utilizar preferentemente piezas comerciales de México, DF.

Considerar el mercado objetivo de los jugadores casuales. Esto implica mantener un costo bajo debido a que este sector de jugadores no gasta mucho.

En los objetivos de este trabajo se plantea el diseño de una máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa, sin embargo, en los deseos del cliente se menciona que el cliente desea que la

máquina, además de pelotas de tenis de mesa, lance pelotas de tenis y de béisbol. También se menciona que se desea que se tenga un control a distancia. Estos dos requerimientos no se abarcan en el desarrollo de este trabajo pero se contemplan como un trabajo futuro.

## 5.4 Diseño conceptual

La primera etapa es el diseño conceptual. Los productos de las etapas de diseño conceptual se llaman conceptos de diseño. Un concepto se refiere a una solución a un problema de diseño, llevado a un punto en el que la forma de llevar a cabo cada función principal se ha establecido, así como las relaciones espaciales y estructurales de los principales componentes [82].

### 5.4.1 Generación de conceptos

#### Sistema de lanzamiento I

Sistema	Concepto	Esquema
Lanzamiento I	Motor a pasos	
	Motor CD	

Tabla 23. Conceptos del sistema de lanzamiento I.

#### Sistema de lanzamiento II

Sistema	Concepto	Esquema
Lanzamiento II	Hule	
	Madera y hule	
	Polímero y hule	

Tabla 24. Conceptos de materiales de superficies de lanzamiento II.

### Sistema de distribución I

Sistema	Concepto	Esquema
Distribución I	Motor a pasos	
	Motor CD	
	Servomotor	
	Motorreductor	

Tabla 25. Conceptos del sistema de lanzamiento I.

### Sistema de distribución II

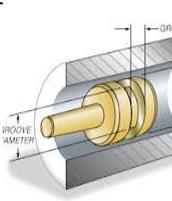
Sistema	Concepto	Esquema
Distribución II	Escalera vertical	
	Distribuidor	
	Mecanismo de Ginebra	
	Pistón	

Tabla 26. Conceptos del sistema de distribución.

## Sistema de giro I

Sistema	Concepto	Esquema
Giro I	Motor a pasos	
	Motor CD	
	Servomotor	

Tabla 27. Conceptos del sistema de giro I.

## Sistema de giro II

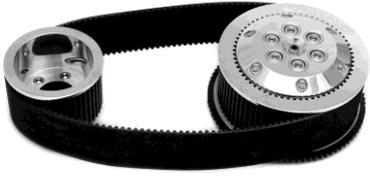
Sistema	Concepto	Esquema
Giro II	Engranajes	
	Banda y poleas	

Tabla 28. Conceptos del sistema de giro II.

### Sistema de soporte

Sistema	Concepto	Esquema
Soporte	Tripié	
	Prensa	
	Sobre la mesa	

Tabla 29. Conceptos del sistema de soporte.

### Sistema de almacenamiento

Sistema	Concepto	Esquema
Almacenamiento	Contenedor	
	Canasta	

Tabla 30. Conceptos del sistema de almacenamiento.

## Sistema de captura

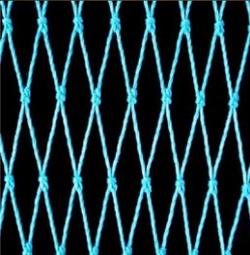
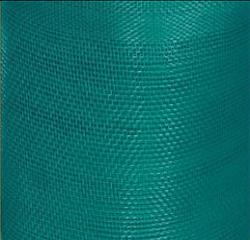
Sistema	Concepto	Esquema
Captura	Pared	
	Red	
	Tela algodón	
	Tela mosquitero	

Tabla 31. Conceptos del sistema de captura

### 5.4.2 Selección de conceptos

Las matrices de decisión son un método para evaluar conceptos que compiten. En ellas se califica el grado en el que cada concepto satisface los criterios de diseño [84].

A cada criterio de diseño se le asigna un porcentaje (0 – 100%) de acuerdo a la relevancia que cada una tiene en el cumplimiento del objetivo total del diseño. La suma de los porcentajes asignados a cada criterio equivale al total (100%).

Los conceptos se calificaron de acuerdo a una escala 0 – 10 (Tabla 32).

Valor	Descripción de la solución	Característica
0	Totalmente inútil	Inadecuada
1	Muy inadecuada	
2	Débil	Débil
3	Pobre	
4	Tolerable	Satisfactoria
5	Satisfactoria	
6	Buena con algunas desventajas	Buena
7	Buena	
8	Muy buena	
9	Excelente	Excelente
10	Ideal	

Tabla 32. Esquema de evaluación para alternativas de diseño [84].

Los conceptos se colocan en los renglones y los criterios de diseño en las columnas. Cada calificación se multiplica por el porcentaje correspondiente a cada criterio de diseño y se suman para obtener la calificación final del concepto. Después se comparan las calificaciones finales de cada concepto. El concepto con la calificación más alta es el concepto ganador, es decir, el más adecuado para utilizarse.

### Sistema de lanzamiento I

Concepto	Criterio						Total
	Tamaño 15%	Costo 10%	Peso 25%	Velocidad 30%	Control 10%	Vida útil 10%	
Motor a pasos	7 1.05	5 0.5	3 0.75	7 2.1	9 0.9	9 0.9	6.2
Motor CD	8 1.2	9 0.9	8 2	9 2.7	8 0.8	9 0.9	8.5

Tabla 33. Matriz de decisión del sistema de lanzamiento I.

### Sistema de lanzamiento II

Concepto	Criterio				Total
	Costo 20%	Peso 20%	Vida útil 30%	Facilidad de adquisición 30%	
Hule	5 1	9 1.8	8 2.4	5 1.5	6.7
Madera y hule	9 1.8	8 1.6	7 2.1	9 2.7	8.2
Polímero y hule	8 1.6	7 1.4	9 2.7	9 2.7	8.4

Tabla 34. Matriz de decisión del sistema de lanzamiento II.

### Sistema distribución I

Concepto	Criterio						Total
	Tamaño 5%	Costo 20%	Peso 5%	Par 30%	Facilidad de control 20%	Consumo de energía 20%	
Motor a pasos	7 0.35	5 1	5 0.25	8 2.4	9 1.8	5 1	6.8
Motor CD	9 0.45	10 2	9 0.45	5 1.5	8 1.6	9 1.8	7.8
Servomotor	10 0.5	4 0.8	8 0.4	10 3	7 1.4	8 1.6	7.7
Motorreductor	5 0.25	5 1	7 0.35	10 3	8 1.6	9 1.8	8

Tabla 35. Matriz de decisión del sistema de distribución I.

### Sistema de distribución II

Concepto	Criterio					Total
	Costo 20%	Peso 10%	Vida útil 30%	Número de piezas 30%	Mantenimiento 10%	
Escalera vertical	7 1.4	7 0.7	9 2.7	7 2.1	9 0.9	7.8
Distribuidor	9 1.8	9 0.9	9 2.7	9 2.7	9 0.9	9
Mecanismo de Ginebra	5 1	7 0.7	8 2.4	6 1.8	7 0.7	6.6
Pistón	5 1	5 0.5	9 2.7	5 1.5	6 0.6	6.3

Tabla 36. Matriz de decisión del sistema de distribución II.

### Sistema de giro I

Concepto	Criterio						Total
	Tamaño 10%	Costo 15%	Peso 15%	Par 10%	Control 20%	Precisión 30%	
Motor a pasos	5 0.5	5 0.75	5 0.75	9 0.9	9 1.8	9 2.7	7.4
Motor CD	9 0.9	10 1.5	9 1.35	7 0.7	5 1	5 1.5	6.95
Servomotor	10 1	4 0.6	8 1.2	10 1	9 1.8	9 2.7	8.3

Tabla 37. Matriz de decisión del sistema de giro I.

### Sistema de giro II

Concepto	Criterio							Total
	Tamaño	Costo	Peso	Precisión	Vida útil	Número de piezas	Velocidad	
	5%	20%	10%	30%	15%	5%	15%	
Engranajes	9 0.45	4 0.8	9 0.9	9 2.7	9 1.35	9 0.45	9 1.35	8
Banda y poleas	8 0.4	8 1.6	9 0.9	8 2.4	8 1.2	8 0.4	8 1.2	8.1

Tabla 38. Matriz de decisión del sistema de giro II.

### Sistema de soporte

Conceptos	Criterios				Total
	Tamaño	Costo	Peso	Restricción de movimiento	
	15%	30%	15%	40%	
Estructura	8 1.2	7 2.1	7 1.05	10 4	8.35
Prensa	9 1.35	9 2.7	9 1.35	7 2.8	8.2
Sobre la mesa	10 1.5	10 3	10 1.5	3 1.2	7.2

Tabla 39. Matriz de decisión del sistema de soporte.

### Sistema de almacenamiento

Conceptos	Criterios				Total
	Costo	Estética	Vida útil	Peso	
	30%	30%	10%	30%	
Contenedor	9 2.7	8 2.4	9 0.9	9 2.7	8.7
Canasta	7 2.1	9 2.7	9 0.9	7 2.1	7.8

Tabla 40. Matriz de decisión del sistema de almacenamiento.

### Sistema de captura

Conceptos	Criterios				Total
	Costo 30%	Estética 30%	Vida útil 10%	Volumen 30%	
Pared	6 1.8	9 2.7	8 0.8	3 0.3	6.2
Red	8 2.4	8 2.4	9 0.9	9 0.9	8.4
Tela algodón	9 2.7	8 2.4	9 0.9	9 2.7	8.7
Tela mosquitero	7 2.1	9 2.7	8 0.8	9 2.7	8.3

Tabla 41. Matriz de decisión del sistema de captura.

Los conceptos que obtuvieron el mayor puntaje en las matrices de decisión, son los conceptos seleccionados para el modelo (Tabla 38).

<b>Sistema</b>	<b>Concepto</b>	<b>Esquema</b>
<b>Sistema de lanzamiento I</b>	Motor de CD	
<b>Sistema de lanzamiento II</b>	Polímero y hule	
<b>Sistema de distribución I</b>	Motorreductor	
<b>Sistema de distribución II</b>	Distribuidor	
<b>Sistema de giro I</b>	Servomotor	
<b>Sistema de giro II</b>	Banda y poleas	
<b>Sistema de soporte</b>	Estructura	
<b>Sistema de almacenamiento</b>	Contenedor	
<b>Sistema de captura</b>	Tela algodón	

Tabla 42. Conceptos ganadores en las matrices de decisión.

## 5.5 Diseño de configuración

En el diseño de configuración, se toma cada concepto posible y se busca analizar su operación en un nivel aproximado, midiendo los componentes y seleccionando los materiales considerando las implicaciones en desempeño y costo. Con los conceptos generados se formulan soluciones que se configuran de diferente manera y cada una de estas posibles configuraciones de conceptos se evalúa y se selecciona una. El diseño de configuración termina con un bosquejo factible que pasa a la fase de diseño de detalle [85]. Ahí

Los sistemas de lanzamiento I y II van uno junto al otro, es decir, los discos de lanzamiento se acoplan en el eje del motor de CD (Figura 72).



Figura 72. Sistemas de lanzamiento.

Las pelotas deben pasar a través de un canal de lanzamiento para que cuando los sistemas de giro lleven a cabo su función las pelotas no se caigan. El canal de lanzamiento debe tener muescas u orificios por donde pase libremente el sistema de lanzamiento II y pueda hacer contacto con las pelotas para lanzarlas (Figura 73).

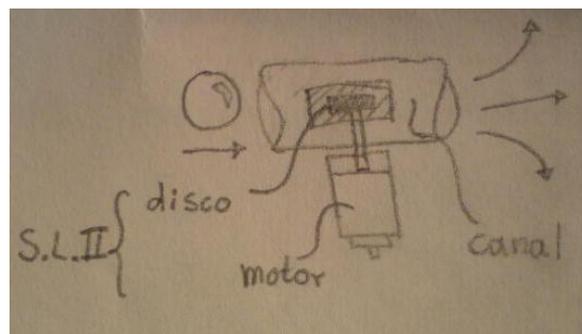


Figura 73. Canal de lanzamiento.

Los sistemas de lanzamiento I y II deben encontrarse en un extremo de la máquina, de frente al usuario, para facilitar el lanzamiento de las pelotas (Figura 74).

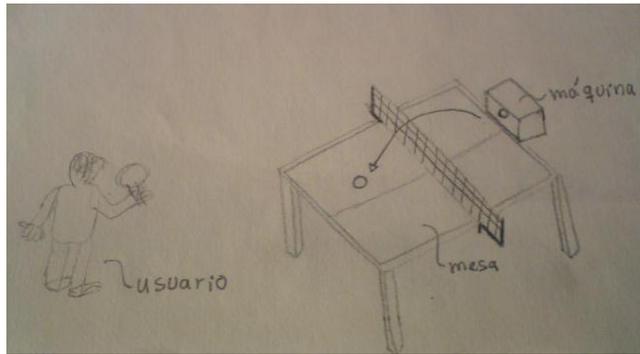


Figura 74. Máquina, usuario y mesa.

El sistema de distribución debe estar cerca de los sistemas de lanzamiento I y II para que el tiempo entre lanzamientos sea el menor posible, así como el número de piezas necesarias para unir los sistemas de lanzamiento con este sistema (Figura 75).

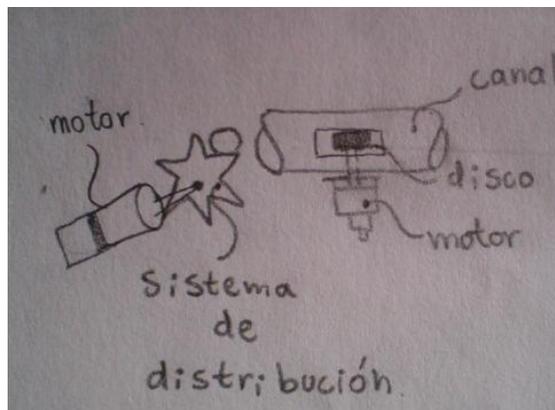


Figura 75. Sistemas de lanzamiento y distribución.

Los sistemas de giro I y II van uno junto al otro, es decir, se acoplan uno al otro (Figura 76). Los sistemas de giro deben colocarse debajo del canal de lanzamiento ya que tienen la función de hacerlo girar de 0-90°.

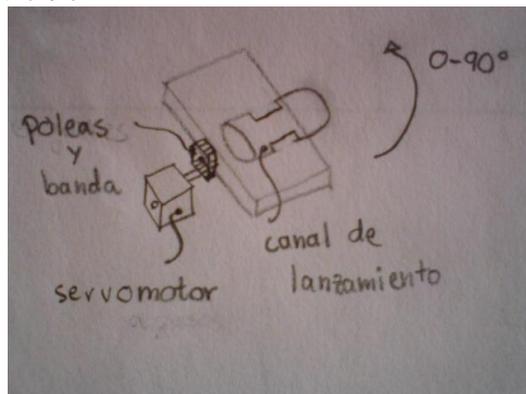


Figura 76. Giro del cabezal de lanzamiento 0-90°.

El sistema de soporte se divide en 2 partes: superior e inferior (Figura 77). La parte superior debe estar en el frente de la máquina y la parte inferior puede colocarse en la parte frontal o posterior de la máquina.

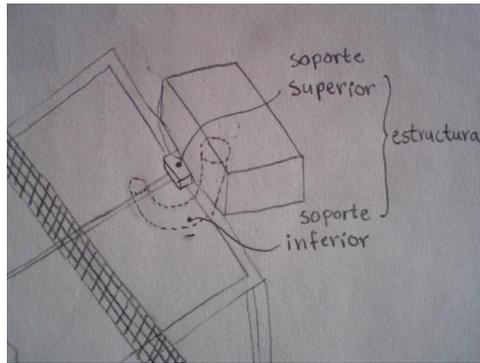


Figura 77. Soportes inferior y superior.

El sistema de almacenamiento puede colocarse en la parte superior de la máquina o en la parte trasera (Figura 78). El sistema de almacenamiento debe estar cerca del sistema de distribución, y por ende, cerca del sistema de lanzamiento.

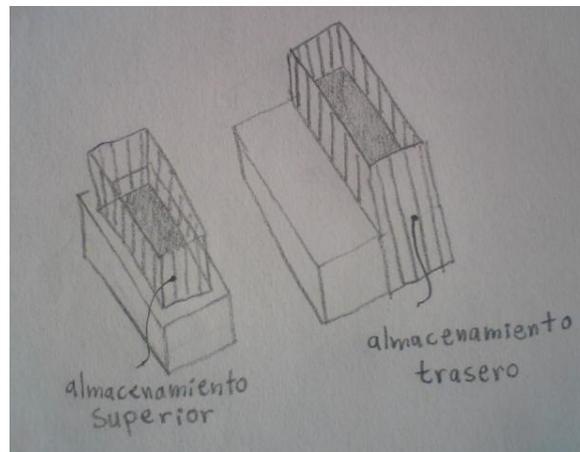


Figura 78. Sistema de almacenamiento.

El sistema de captura debe ir detrás de la máquina, en el extremo opuesto de la mesa (Figura 79). Para facilitar la instalación del sistema de captura, este sistema debe tener una estructura que soporte y delimite el sistema.

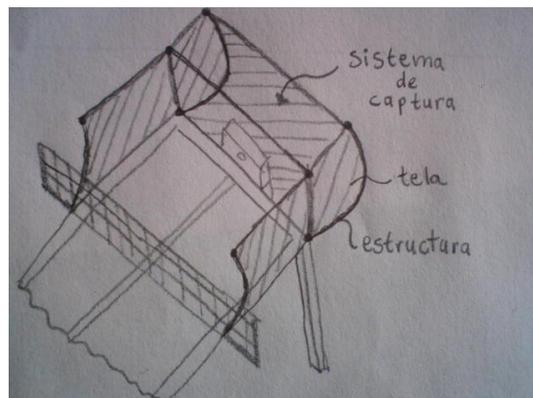


Figura 79. Sistema de captura.

El sistema de control consiste en una tarjeta Arduino UNO (Figura 80). La tarjeta puede colocarse en cualquier lugar de la máquina, pero es conveniente que se encuentre cerca de los sistemas de lanzamiento para evitar pérdidas de energía debido a un cableado muy largo. El

sistema de energía consiste en una batería comercial de 9V. La batería puede colocarse en cualquier lugar de la máquina, pero es conveniente que se encuentre cerca del sistema de control para evitar pérdidas de energía debido a un cableado muy largo.

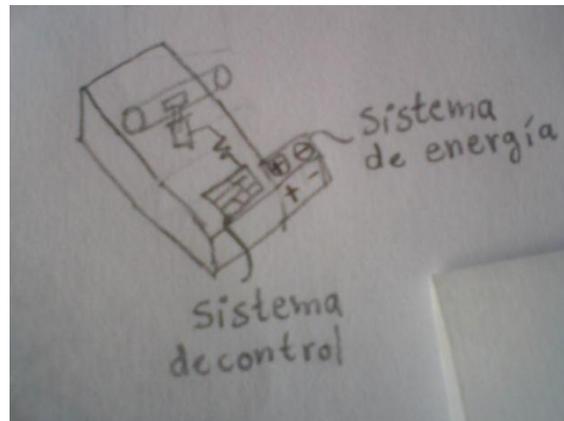


Figura 80. Sistemas de control y energía.

El sistema de control remoto debe tener un cableado desde el sistema de control para poder manipular la máquina a distancia (Figura 81).

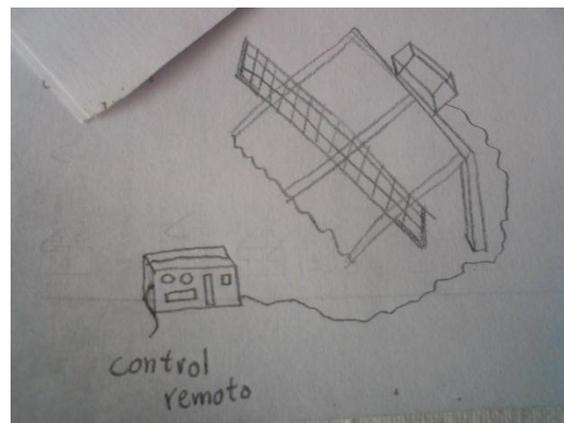


Figura 81. Sistema de control remoto.

A partir de la configuración de cada uno de los sistemas se obtiene una configuración general (Figura 82). Para facilitar la representación de los sistemas se enumeraron de la siguiente forma:

1. Sistema de lanzamiento I
2. Sistema de lanzamiento II
3. Sistema de distribución I
4. Sistema de distribución II
5. Sistema de giro I
6. Sistema de giro II
7. Sistema de soporte
8. Sistema de almacenamiento
9. Sistema de captura
10. Sistema de control
11. Sistema de control remoto
12. Sistema de energía

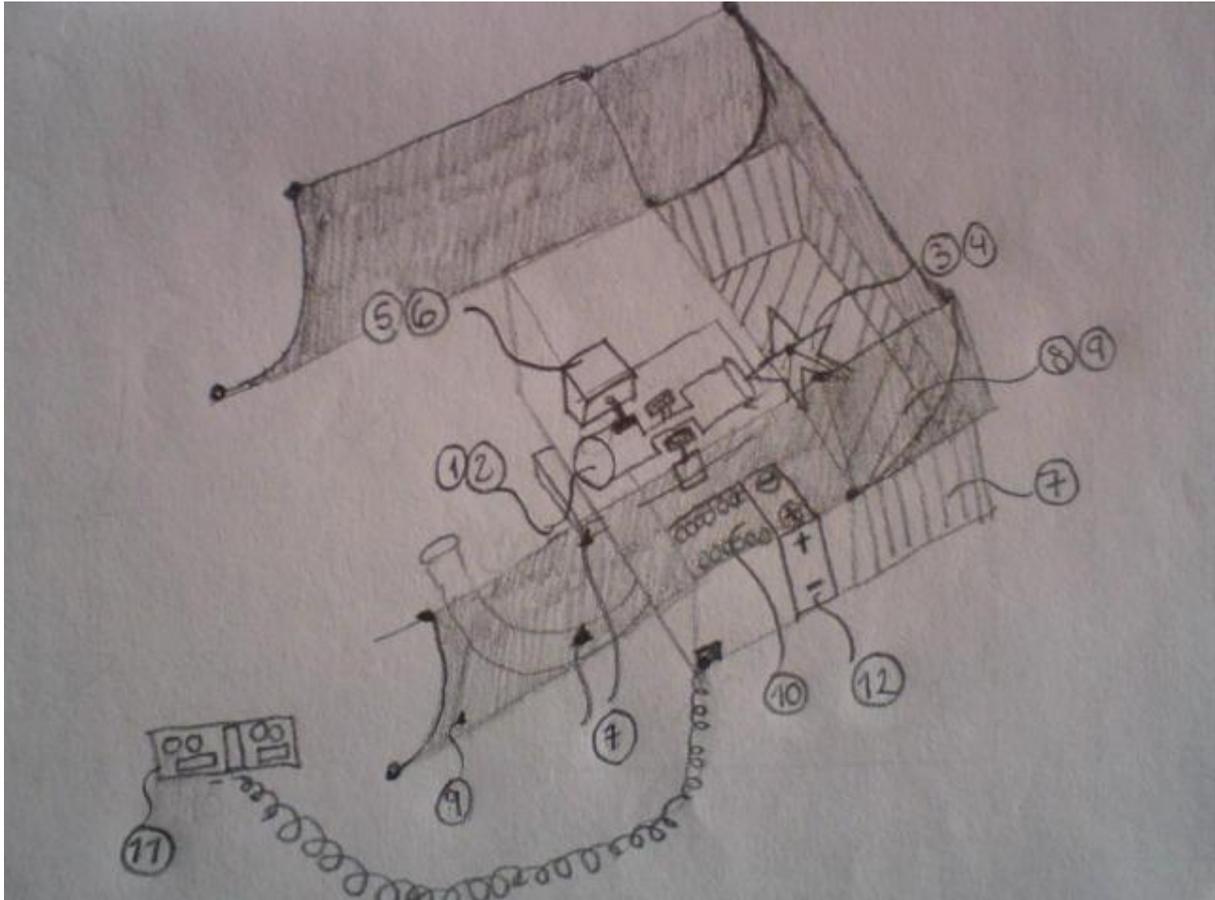


Figura 82. Configuración general.

## 5.6 Diseño de detalle

En el diseño de detalle se establecen las especificaciones para cada componente, los componentes críticos se someten a análisis mecánicos o térmicos, se aplican métodos de optimización a los componentes para maximizar el desempeño, se hace una decisión final en cuanto a geometría y diseño, se analiza la producción y se calcula el costo del diseño. La etapa termina con especificaciones detalladas de producción, es decir, planos de fabricación [85].

La máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa se compone de varios sistemas para llevar a cabo el lanzamiento de pelotas. La máquina tiene una estructura, que además de dar soporte a todos los sistemas, captura las pelotas que golpea el usuario para enviarlas nuevamente a la máquina y de esta forma evitar que caigan al piso (Figura 83).

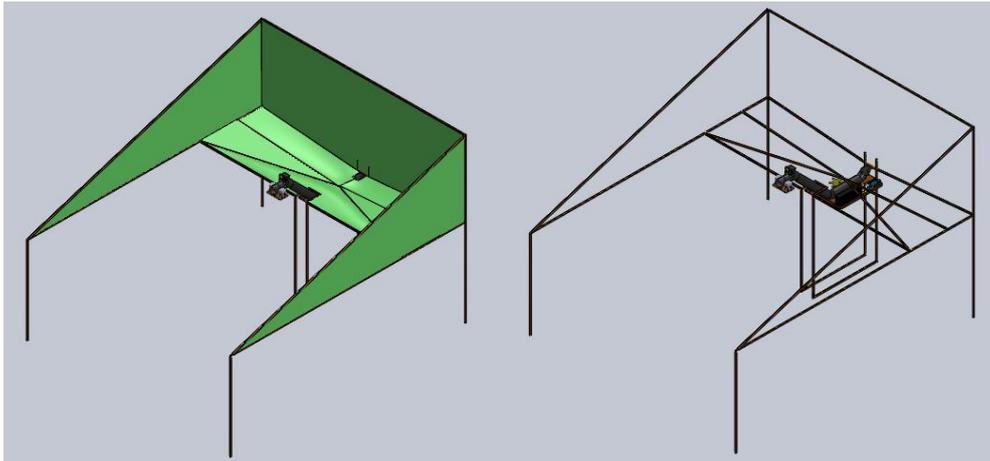


Figura 83. Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa.

### 5.6.1 Sistemas de lanzamiento

Los sistemas de lanzamiento I y II consisten en un motor de CD de 6.0 [V] y 9000 [RPM] y un disco de lanzamiento de 3.3 [mm] de diámetro, respectivamente (Figura 84).

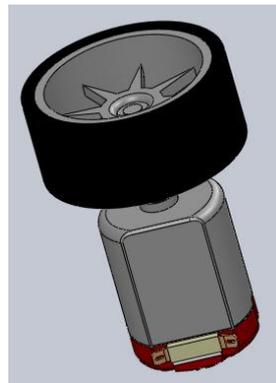


Figura 84: Sistemas de lanzamiento I y II.

#### 5.6.1.1 Cálculo de la velocidad de lanzamiento

$$V = \omega * r$$

Convirtiendo [RPM] → [rad/seg]:

$$\omega = X \frac{rev}{min} \rightarrow X \frac{rev}{min} * 2\pi \frac{rad}{seg} * \frac{1 min}{60 seg} = X \frac{\pi rad}{30 seg}$$

Si  $r = 0.0165$  [m]

$$V = X \frac{\pi rad}{30 seg} * 0.0165 m = 0.00172788 X \frac{m}{seg}$$

$$V = 0.00172788 X \frac{m}{seg} * \frac{1 km}{1000 m} * \frac{3600 seg}{1 hr} = 0.006220368 X \frac{km}{hr}$$

Si  $X = 9000$  [RPM]

$$V = 55.9833 \frac{km}{hr}$$

### 5.6.2 Sistemas de distribución

Los sistemas de distribución I y II consisten en un motorreductor de 6.0 [V], 200 [RPM] y un par de 0.57 [Nm] y un distribuidor de 8 puntas, respectivamente (Figura 85).

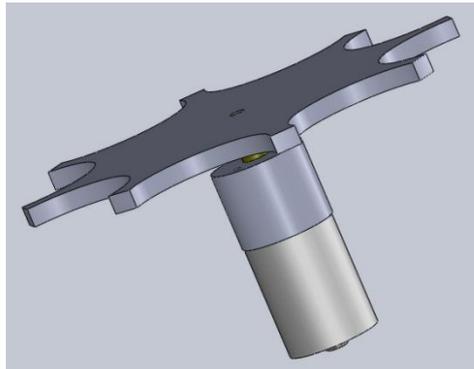


Figura 85: Sistemas de distribución I y II.

### 5.6.3 Sistemas de giro

Los sistemas de giro I y II permiten el movimiento del cabezal de lanzamiento de  $0-90^\circ$ ; consisten en un servomotor con un par de 1.52 [Nm] y un sistema de poleas y bandas, respectivamente (Figura 86). La polea mayor tiene un diámetro de 59.2 [mm], la polea menor tiene un diámetro de 15.1 [mm] y la polea tiene una longitud de 185.5 [mm].

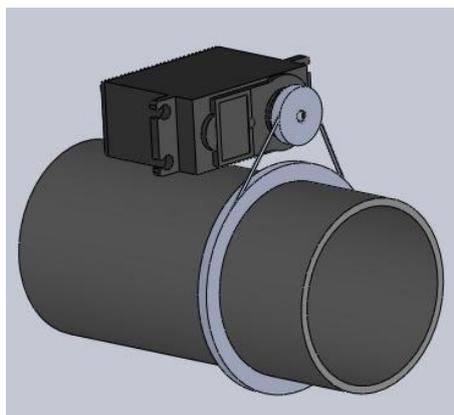


Figura 86. Sistemas de giro.

### 5.6.4 Sistema de soporte

El sistema de soporte consiste en la estructura que soporta tanto a la máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa como a las paredes del sistema de captura (Figura 87). El sistema es de perfil tubular de aluminio de aluminio de 9.5 [mm] de diámetro y 0.89 [mm] de pared; tiene un volumen de 0.1944 [m<sup>3</sup>] y un peso total de 1.54 [kg].

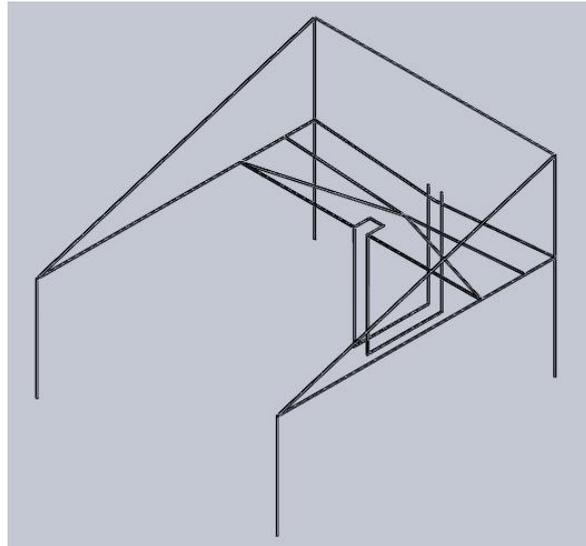


Figura 87. Sistema de soporte.

### 5.6.5 Sistemas de almacenamiento y captura

El sistema de almacenamiento tiene un volumen total de  $X \text{ [cm}^3\text{]}$ , lo que representa una capacidad de 300 – 350 pelotas (Figura 88).

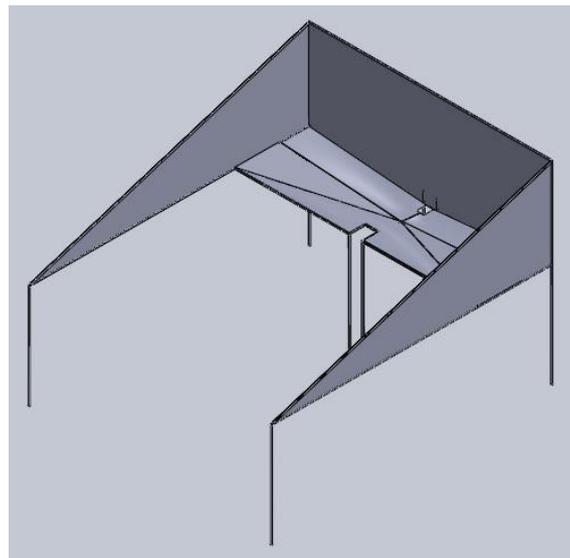


Figura 88. Sistemas de almacenamiento y captura.

### 5.6.5 Sistema de control

Los sistemas de control consisten en una tarjeta Arduino UNO, 2 integrados L293D (*drivers* para motor), 4 potenciómetros de 5  $[\text{k}\Omega]$  para controlar la velocidad de los motores: 2 del sistema de lanzamiento I, 1 del sistema de distribución I y 1 del sistema de giro I (Figura 89).

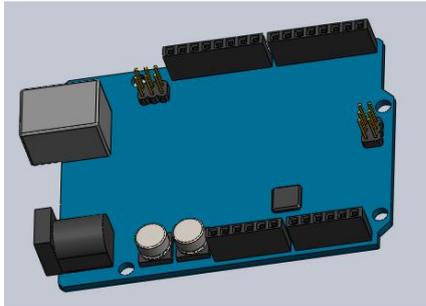


Figura 89. Sistema de control.

## 5.6.6 Sistema de energía

El sistema de energía consiste en una batería recargable de plomo-ácido de 12 [V] y 2500 [mAh] (Figura 90).

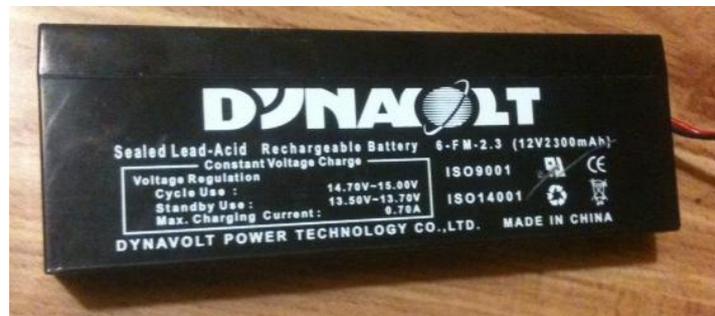


Figura 90. Sistema de energía.

### 5.6.6.1 Cálculo de la duración de la batería

Consumo de los motores:

$$M_{L1} = 70 \text{ [mA]} \rightarrow \text{motor de lanzamiento 1}$$

$$M_{L2} = 70 \text{ [mA]} \rightarrow \text{motor de lanzamiento 2}$$

$$M_r = 60 \text{ [mA]} \rightarrow \text{motorreductor}$$

$$S = 40 \text{ [mA]} \rightarrow \text{servomotor}$$

Consumo de la tarjeta Arduino UNO:

$$A = 500 \text{ [mA]}$$

Consumo total:

$$C = M_{L1} + M_{L2} + S + M_r = 740 \text{ [mA]}$$

Energía de la batería:

$$B = 2500 \text{ [mAh]}$$

Duración de la batería:

$$t = \frac{B}{C} = \frac{2500 \text{ mA}}{740 \text{ mAh}} = 3.38 \text{ h}$$

$$t = 3.38 h$$

El tiempo de duración de la bacteria es de aproximadamente 3.38 horas, o 203 minutos.

Si se toma en cuenta que el servomotor solamente se usa cuando se desea un cambio de posición en el cabezal de lanzamiento, el resultado queda:

$$C = M_{L1} + M_{L2} + M_r = 700 \text{ [mA]}$$

$$t = \frac{B}{C} = \frac{2500 \text{ mA}}{700 \text{ mAh}} = 3.38 h$$

$$t = 3.57 h$$

El tiempo de duración de la batería es de aproximadamente 3.6 horas, o 216 minutos.

## Capítulo 6. Fabricación

---

La fase experimental del diseño de ingeniería requiere la transformación de dibujos de papel en hardware que se construye y prueba para verificar la viabilidad de los conceptos.

### 6.1 Modelos

Se realizaron diversos modelos a partir de piezas, componentes y materiales disponibles. A continuación se muestran los modelos desarrollados y algunas observaciones que se encontraron.

Para el proceso de construcción y armado del modelo de máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa se emplearon piezas de muy bajo costo o se utilizaron algunas que ya se tenían disponibles por lo que el desempeño de la máquina no es el ideal, sin embargo, se puede observar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos que la componen.

El objetivo del modelo para este trabajo fue visualizar físicamente el comportamiento de la máquina como un todo y analizar la relación existente entre cada sistema. También tiene el objetivo de poder mostrarse frente a un cliente potencial y recibir opiniones y comentarios sobre la máquina. La realimentación que genera el modelo es muy importante para el proceso de diseño, ya que si no se tiene una buena respuesta del cliente no es buena idea lanzar el producto al mercado.

#### 6.1.1 Modelo 1

Se hizo una primera prueba para verificar el correcto funcionamiento de los sistemas de lanzamiento, utilizando piezas de Meccano para el primer modelo experimental. Se utilizaron las llantas y los motores Meccano (3 – 6 [V]) (Figura 91). Las piezas y motores Meccano presentan una gran facilidad de armado, lo que reduce el tiempo necesario de desarrollo; asimismo tienen la desventaja de que aumenta drásticamente el número de piezas, y por ende, el peso del modelo. La máquina lanza las pelotas satisfactoriamente, pero sufrieron desgaste y daños.



Figura 91. Modelo 1.

### 6.1.2 Modelo 2

Se hizo una segunda prueba utilizando piezas de Meccano para las bases de los motores. Se utilizaron motores de 6 [V] y 9000 [RPM] (Figura 92). La máquina lanza las pelotas satisfactoriamente, pero los tornillos y tuercas del ensamble se aflojaron debido a las vibraciones de los motores.



Figura 92. Modelo 2.

### 6.1.3 Modelo 3

Se hizo una tercera prueba, ahora utilizando piezas de Lego para las bases de los motores. Se utilizaron motores de 6 [V] y 9000 [RPM]. Se introdujo al ensamble un sistema de giro manual mediante engranes con relación 1:1 y una manivela (Figura 93). Las pruebas de giro que se realizaron fueron satisfactorias: el ensamble giró 360°. La máquina no lanza satisfactoriamente debido a que la pelota se quedaba atascada entre los discos de lanzamiento.

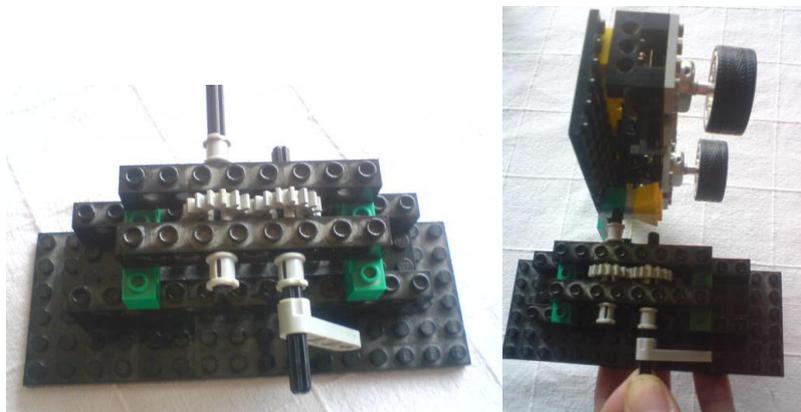


Figura 93. Modelo 3.

### 6.1.4 Modelo 4

Se hizo una cuarta prueba, utilizando la configuración del modelo 3; se agregó un canal de lanzamiento cilíndrico con muescas para los discos de lanzamiento (Figura 94). La máquina lanza la pelota satisfactoriamente, pero el canal de lanzamiento se mueve debido a que no tiene soportes.

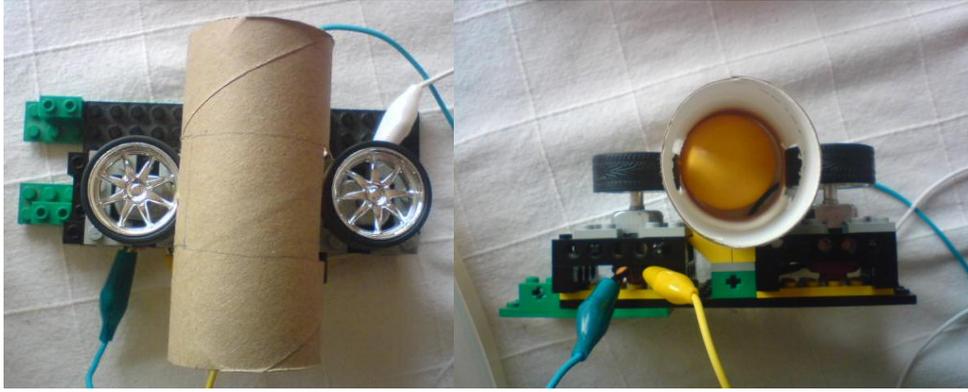


Figura 94. Modelo 4.

### 6.1.5 Modelo 5

Se hizo una quinta prueba, utilizando la configuración del modelo 4, pero se reemplazó el material del canal de lanzamiento por uno más resistente para poder colocarle soportes. Se instalaron la estructura y soportes de la máquina y los sistemas de giro y distribución (Figura 95). La máquina lanza las pelotas satisfactoriamente; el sistema de distribución eleva las pelotas hacia el cabezal de lanzamiento; el cabezal de lanzamiento gira de 0 – 90°.



Figura 95, Modelo 5

Debido a que se trata de un proyecto de rápida elaboración, las piezas que se diseñaron se fabricaron artesanalmente, modificando y ajustando manualmente cada una, según las medidas establecidas en los planos de fabricación (Anexo C).

### 6.2 Control

Para el control del modelo se utilizó una tarjeta Arduino UNO y se programó en Arduino 1.0.5 (Anexo B). Se utilizó el software libre Fritzing para visualizar gráficamente el circuito y se alambro en una *protoboard* (Figura 96).

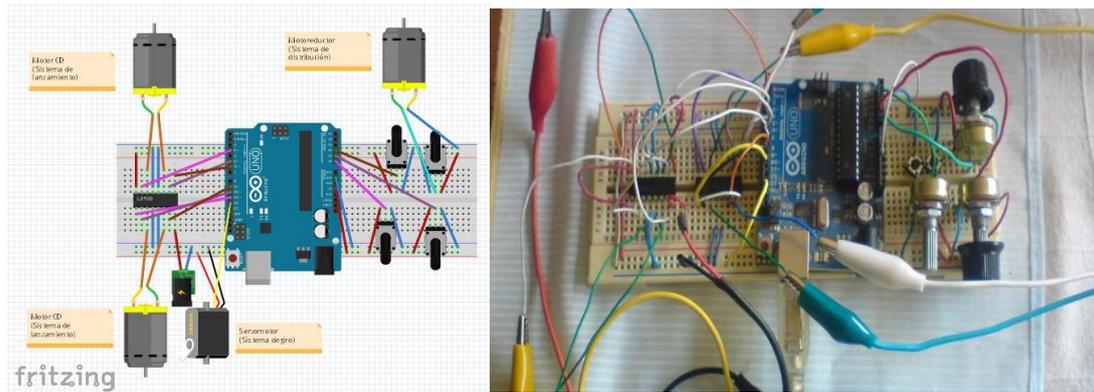


Figura 96. Circuito del control de la máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa.

Se realizó una propuesta de circuito impreso para fabricarse después de las pruebas (Figura 97).

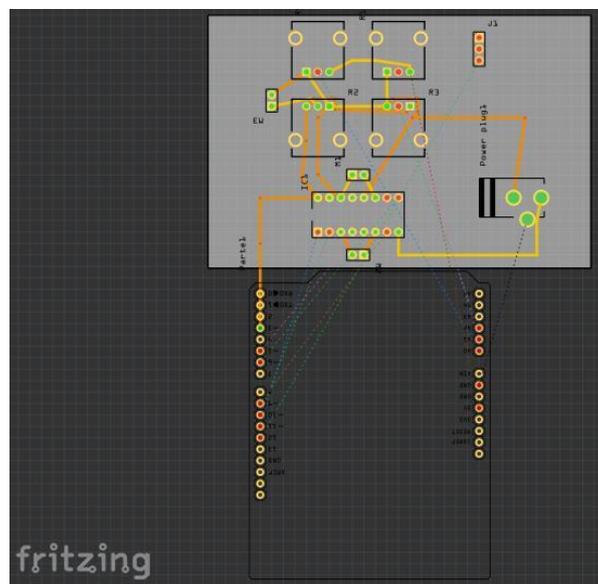


Figura 97. Diagrama para fabricación de circuito impreso.

## 6.3 Pruebas y Resultados

Las pruebas que se mencionaron anteriormente se hicieron para verificar el correcto funcionamiento de cada sistema durante la construcción de los modelos. Las pruebas finales corresponden al correcto funcionamiento de todos los sistemas de la máquina en conjunto.

Se realizaron con el objetivo de comparar los resultados con los cálculos teóricos para así establecer las especificaciones técnicas finales de la máquina.

### 6.3.1 Masa de las pelotas

Se midió la masa de 18 pelotas de tenis de mesa sin estrellas (2 cajas de pelotas blancas y 1 caja de pelotas amarillas) para hacer una comparación de la variación de los valores de acuerdo al color (Tabla 43). Como se menciona en el capítulo 2, una pelota de tenis de mesa oficial debe tener una masa de 2.7 [g]. Las pelotas que se adquirieron son pelotas sin estrellas, por lo que de antemano se sabe que son de baja calidad.

<b>Pelotas Blancas</b>	<b>Masa [g]</b>	<b>Pelotas Blancas</b>	<b>Masa [g]</b>	<b>Pelotas Amarillas</b>	<b>Masa [g]</b>
1	2.66	1	2.86	1	2.96
2	2.86	2	2.96	2	2.56
3	2.66	3	2.86	3	2.86
4	2.86	4	2.66	4	2.86
5	2.56	5	2.86	5	2.76
6	2.66	6	2.76	6	2.86
<b>Promedio:</b>	<b>2.71</b>	<b>Promedio:</b>	<b>2.83</b>	<b>Promedio:</b>	<b>2.81</b>

Tabla 43. Masa de las pelotas

La diferencia de masa entre pelotas se verá reflejada en una variación de la distancia de lanzamiento.

### 6.3.2 Pelotas por minuto

Se realizaron pruebas en el sistema de distribución para determinar el número de pelotas por minuto que la máquina lanza. Se contaron 28 pelotas en un lapso de 5 [seg], por lo que el número de pelotas por minuto es 336.

### 6.3.3 Velocidad de lanzamiento

Se realizaron lecturas de velocidad en los discos de lanzamiento para determinar la velocidad con la que a máquina lanza las pelotas. Se tomaron 5 lecturas de cada disco de lanzamiento para conocer la velocidad de trabajo de cada uno de ellos; se obtuvo un resultado de 5000 [RPM].

De acuerdo con el cálculo realizado en el Capítulo 5, para la velocidad de lanzamiento en las condiciones de trabajo de la máquina se tiene:

$$V = 0.006220368 X \frac{km}{hr}$$

Si  $X = 5000$  [RPM]

$$V = 31.10184 \frac{km}{hr}$$

### 6.3.4 Distancia de lanzamiento

Se realizaron pruebas de lanzamiento para determinar el número de veces que las pelotas caen en la distancia deseada (Tabla 44).

<b>Distancia de lanzamiento [m]</b>	<b>Número de pelotas</b>	<b>Confiabilidad [%]</b>
1.30	42	84
1.15	5	10
0.5	3	6

Tabla 44. Distancia de lanzamiento.

### 6.3.5 Niveles de ruido

Para realizar lecturas de los niveles de ruido que genera la máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa se utilizó el decibelímetro digital Amprobe SM-70 (Figura 98).



Figura 98. Prueba de niveles de ruido.

Se tomaron los valores más altos registrados en el equipo (Tabla 45). Se tomó la lectura el ruido ambiental para hacer una comparación de los resultados obtenidos.

Lectura	Características	Ruido [dB]
Ruido ambiental	Miércoles 26 de febrero, 4 am	51.4
Ruido de los motores de lanzamiento	A 1 [cm] de los motores de lanzamiento	59.6
Ruido de los motores de lanzamiento a distancia	A 5 [cm] de los motores de lanzamiento	55.9
Rebote de la pelota	A 30 [cm] de altura de una mesa de vidrio	90
Rebote de la pelota a distancia	A 1.30 [m] de la máquina	90

Tabla 45. Niveles de ruido.

### 6.3.6 Efectos sobre las pelotas

Se realizaron pruebas de lanzamiento para verificar el efecto que toman las pelotas al ser lanzadas.

- **Topspin:** el efecto se puede observar cuando las pelotas rebotan y se dirigen hacia arriba.
- **Backspin:** el efecto se puede observar cuando las pelotas rebotan y se dirigen hacia la red.
- **Sidespin:** el efecto se puede observar cuando las pelotas no rebotan en la mesa en una ubicación perpendicular al canal de lanzamiento.

### 6.3.7 Control remoto

Se instaló un cable de 7 metros desde la tarjeta Arduino hasta el lado opuesto de la mesa. Se realizaron pruebas controlando a distancia los motores de lanzamiento y el motor del sistema de distribución. La máquina funciona satisfactoriamente (Figura 99).



Figura 99. Control remoto alámbrico.

### 6.4 Ficha técnica

Las especificaciones de la máquina, es decir, las características principales del diseño se pueden observar en forma de una ficha técnica (Tabla 46).

<b>Especificación</b>	<b>Lanzador I</b>
Diámetro de los discos de lanzamiento [cm]	3.3
Capacidad de pelotas	300
Velocidad máxima [km/h]	31
Pelotas por minuto	1 – 336
Energía [V]	12 [V] (batería) o 120 [V] (A/C)
Duración de la batería [h]	3.6
Confiabilidad [%]	84
Niveles de ruido [dB]	60
Peso total [kg]	2.6
Volumen [m <sup>3</sup> ]	0.42
Número de piezas [número]	16
Paro de emergencia	✓ (manual)
Tiempo de vida útil [años]	2 – 3
Red de captura	✓
Control remoto	✓ (alámbrico)
Variedad de efectos	✓topspin ✓backspin ✓sidespin
Giro de cabezal de lanzamiento	0 – 90°

Tabla 46. Ficha técnica de la máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa.

## Capítulo 7. Discusión y conclusiones

---

### 7.1 Discusión

Seguir un método de diseño ayuda a que el posible comprador, ya sea del diseño o del producto final, sepa que las decisiones no se tomaron arbitrariamente. El fundamento teórico es importante para hacerle saber que el producto está pensado y diseñado especialmente para cubrir una necesidad determinada y no como un experimento que resultó satisfactorio.

Se construyó un modelo como prueba del producto final para la realimentación del proceso y las siguientes iteraciones. Si el diseñador conoce y practica el deporte del tenis de mesa es factible que se desarrolle una máquina más adecuada a lo que requiere el cliente. Esto en el largo plazo reduciría el número de modelos previos necesarios para llegar al prototipo final y posteriormente al producto final.

Se superaron las expectativas en algunas de las características deseadas para el diseño de la máquina, como por ejemplo, el número de pelotas lanzadas por minuto y se diseñó un equipo de bajo costo y de una configuración sencilla, comparado con la competencia. Esto implica un mayor margen de utilidades en la comercialización del equipo y menor costo en el mantenimiento del equipo.

Las lecturas de niveles de ruido no presentaron valores cercanos a los esperados; se esperaban lecturas cercanas a los 40 [dB] o menores y se realizaron pruebas del ruido ambiental a las 4 am de la madrugada como prueba control. Es necesario calibrar el equipo que se utilizó y realizar las lecturas nuevamente, para determinar si los resultados obtenidos son correctos.

En un inicio las máquinas lanzadoras de pelotas eran de funcionamiento mecánico, muy robustas y con demasiados componentes, además de que no se pueden controlar los elementos por separado. A través de la revisión de literatura y el benchmarking se observa la tendencia que existe en esta área de fabricar y ensamblar con componentes electrónicos y tener un control individual sobre los elementos del sistema.

Es importante que la máquina sea probada por el público en general para saber si es bien recibida como un producto para la práctica del deporte y analizar la factibilidad de lanzarla al mercado. También es importante realizar encuestas para recopilar información y comentarios de mejoras para implementarlas en el diseño final.

En México no existen diseños de máquinas lanzadoras de pelotas de tenis de mesa, por lo que es posible patentar el diseño desarrollado en este trabajo, sin embargo es necesario realizar más iteraciones para mejorar el diseño. Esta máquina no está basada en ningún otro equipo en México, ya sea documentado o reportado, que lo preceda en esta aplicación específica. No existe una referencia con la cual comparar el diseño desarrollado por lo que éste se convertirá en parámetro para futuras mejoras.

### 7.2 Conclusiones

Se establecieron las características de los sistemas de lanzamiento de pelotas de tenis de mesa comúnmente usados y se determinó que el sistema más conveniente a repetir es el eléctrico.

Se diseñó una máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa siguiendo una metodología de diseño. A partir del desarrollo de este trabajo se muestra cómo puede aplicarse una metodología de diseño para resolver un problema en particular. Se siguió una metodología en la cual primero se analizaron los antecedentes y posteriormente se conceptualizó la solución mediante matrices morfológicas. Se realizaron matrices de selección para evaluar las opciones presentadas y así tomar una decisión objetiva.

Se cumplió con el 77% de los requisitos del cliente (20 de 26), debido a que se construyó un modelo; se puede aceptar la calidad de los materiales, manufactura y funcionamiento como experimento para pruebas que permitan recolectar datos para las futuras iteraciones.

Es posible fabricar el diseño propuesto en las instalaciones de los laboratorios de ingeniería mecánica de la Facultad de Ingeniería. Se logró desarrollar una máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa que será fácil de fabricar debido a que los elementos que la conforman son sencillos si se considera que solamente es necesario fabricar 2 piezas en una fresadora CNC, y soldar la estructura.

En estos momentos es posible proteger intelectualmente el trabajo desarrollado en esta tesis, no en forma de una patente, sino en un modelo de utilidad, sin embargo, es deseable realizar más iteraciones para optimizar el diseño desarrollado,

### **7.3 Trabajo futuro**

Cubrir el 100% de los requisitos del cliente:

- Implementar motores sin escobillas, que son motores más duraderos, silenciosos y eficientes que los motores con escobillas.

- Adquirir baterías más eficientes que permitan un mayor tiempo de uso de la máquina.

- El sistema de control a distancia mediante un teléfono celular, que es primordial si se quiere que la máquina sea controlada a distancia, no se incluyó dentro del alcance de este trabajo. Este trabajo sirve como base ya que partiendo del modelo realizado se puede implementar el control a distancia.

- Implementar un sistema de lanzamiento que permita lanzar, además de las pelotas de tenis de mesa, pelotas de tenis y de béisbol.

- Implementar una zona de indicadores para que se pueda ver el número de pelotas que la máquina lanza por minuto y la velocidad de lanzamiento.

- Desarrollar una estructura desarmable y desmontable, así como reducir su tamaño.

Realizar pruebas con el usuario final de la máquina para recopilar información sobre la factibilidad de sacar el producto al mercado.

Realizar una solicitud de modelo de utilidad ante el IMPI.

## Bibliografía y referencias

---

- [1] K. T. Ulrich y S. D. Eppinger, *Diseño y desarrollo de productos*, 4a ed., Mc Graw-Hill, 2009.
- [2] Trademark Status & Document Retrieval (TSDR), [En línea]. Disponible en: <http://www.uspto.gov/index.jsp>. [Último acceso: 22 octubre 2013].
- [3] Escalade Sports, [En línea]. Disponible en: <http://www.escaladesports.com/>. [Último acceso: 22 octubre 2013].
- [4] Ping Pong® The original, [En línea]. Disponible en: <http://www.pingpong.com>. [Último acceso: 2013 octubre 22].
- [5] United States Patent and Trademark Office (USPTO), [En línea]. Disponible en: <http://www.uspto.gov>. [Último acceso: 22 octubre 2013].
- [6] Trademark Scroll, [En línea]. Disponible en: <http://trademarkscroll.com>. [Último acceso: 2013 octubre 22].
- [7] Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual (IMPI), «Reglamento del IMPI,» [En línea]. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/Combo/R-207.pdf>. [Último acceso: 28 noviembre 2013].
- [8] G. Sánchez Vallejo, «EL PRECIO DE LA FAMA: De Marca Notoria a,» 2004. [En línea]. Disponible en: <http://www.marcas.com.mx/boletin.asp?lonidboletin=3>. [Último acceso: 22 octubre 2013].
- [9] Real Academia Española (RAE), «Diccionario de la lengua española,» [En línea]. Disponible en: <http://rae.es/recursos/diccionarios/drae>.
- [10] International Table Tennis Federation (ITTF), [En línea]. Disponible en: <http://www.ittf.com>. [Último acceso: 22 octubre 2013].
- [11] R. McAfee, *Table Tennis: STEPS TO SUCCESS*, Human Kinetics, 2009.
- [12] The Royal Navy, «Table Tennis,» 1999. [En línea]. Disponible en: <http://www.teachpe.com/gcse/Table%20Tennis.pdf>. [Último acceso: 15 noviembre 2013].
- [13] USA Table Tennis, [En línea]. Disponible en: <http://teamusa.org/USA-Table-Tennis>. [Último acceso: 15 noviembre 2013].
- [14] TOPIO, «TOSY Ping-Pong Playing Robot,» [En línea]. Disponible en: <http://topio.tosy.com>. [Último acceso: 22 octubre 2013].
- [15] Zhejiang University, [En línea]. Disponible en: <http://www.zju.edu.cn>. [Último acceso: 28 octubre 2013].
- [16] KUKA, [En línea]. Disponible en: <http://kuka.com>. [Último acceso: 18 febrero 2014].
- [17] Federación Mexicana de tenis de Mesa (FEMETEME), [En línea]. Disponible en: <http://www.femeteme.com/estatuto>. [Último acceso: 22 octubre 2013].
- [18] International Table Tennis Federation (ITTF), «International Table Tennis Handbook,» [En línea]. Disponible en: [http://www.ittf.com/ittf\\_handbook/ittf\\_hb.html](http://www.ittf.com/ittf_handbook/ittf_hb.html). [Último acceso: 22 octubre 2013].

- [19] European Table Tennis Association (ETTA), «Poly Celluloid Balls Testing.» [En línea]. Disponible en: [http://etta.co.uk/wp-content/uploads/2013/04/Poly\\_Celluloid\\_Balls\\_Testing.pdf](http://etta.co.uk/wp-content/uploads/2013/04/Poly_Celluloid_Balls_Testing.pdf). [Último acceso: 5 noviembre 2013].
- [20] The Making, «Nittaku Table Tennis Bal».
- [21] STIGA Table Tennis, [En línea]. Disponible en: <http://stigatabletennis.com>. [Último acceso: 22 octubre 2013].
- [22] Brodmann Blades, [En línea]. Disponible en: <http://brodmannblades.com>. [Último acceso: 15 noviembre 2013].
- [23] Wikipedia, [En línea]. Disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki>. [Último acceso: 22 octubre 2013].
- [24] Y. Haik y T. M. Shahin, *Engineering Design Process*, 2nd ed., Cengage Learning, 2011.
- [25] R. Zemeckis, Dirección, *Forrest Gump*. [Película]. Paramount Pictures, 1994.
- [26] Cornilleau, [En línea]. Disponible en: <http://cornilleau.com>. [Último acceso: 15 noviembre 2013].
- [27] Butterfly Europe, [En línea]. Disponible en: <http://fr.butterfly.tt/info/products/technologie/robots/amicus/1-information>. [Último acceso: 6 enero 2014].
- [28] M. S. Souza, «El estado del arte.» [En línea]. Disponible en: [http://perio.unlp.edu.ar/seminario/nivel2/nivel3/el%20estado%20del%20arte\\_silvina\\_souza.pdf](http://perio.unlp.edu.ar/seminario/nivel2/nivel3/el%20estado%20del%20arte_silvina_souza.pdf). [Último acceso: 4 noviembre 2013].
- [29] N. Littell, «Game Device». E.U.A. Patente 2,087,575, 20 julio 1937.
- [30] M. Schnurr, «Ball Delivery Apparatus». E.U.A Patente 4,132,214, 2 enero 1979.
- [31] D. S. Langer, «Table Tennis Ball Delivery Device». E.U.A Patente 7,213,724 B1, 8 mayo 2007.
- [32] W. Daley, «Table Tennis Ball Projector». E.U.A Patente 5,607,151, 4 marzo 1997.
- [33] T.-C. Chao, «Table Tennis Serving Machine». E.U.A Patente 6,604,517 B1, 12 agosto 2003.
- [34] B. Beynon, «Table Tennis Ball Distribution and Storage Apparatus and Method». E.U.A Patente 6,691,691 B1, 17 febrero 2004.
- [35] G. Lemon, «Apparatus for Practicing Ping-Pong and the like». E.U.A Patente 2,508,461, 5 noviembre 1946.
- [36] B. V. Rhodes, «Automatic Ball Throwing Machine». E.U.A Patente 3,467,073, 28 marzo 1966.
- [37] T. Horvath, «Pneumatic Ball Thrower With Constriction Formed Vacuum for Drawing Balls from Ball Feed thereof». E.U.A Patente 3,911,888, 14 octubre 1975.
- [38] M. R. Schrier, «Pneumatic Ball Ejecting Machine». E.U.A. Patente 3,917,265, 4 noviembre 1975.
- [39] P. Augustine, «Tennis Practice Device Having Pneumatic Ball Projector». U.S. Patente 3,989,245, 2 noviembre 1976.
- [40] D. Beaver, «Table Tennis Training Device». E.U.A. Patente 4,002,336, 11 enero 1977.
- [41] G. Ehama, «Apparatus for Shooting a Curve Ball». E.U.A. Patente 4,270,511, 2 junio 1981.

- [42] C. Marocco, «Table Tennis Practice Aid». E.U.A. Patente 4,735,405, 5 abril 1988.
- [43] C. Marocco, «Table Tennis Practice Aid». E.U.A. Patente 4,886,269, 12 diciembre 1989.
- [44] M.-F. Chen, «Table Tennis Ball Service Machine». E.U.A. Patente 2007/0221187 A1, 27 septiembre 2007.
- [45] P. F. Desi, «Ball Throwing Machine». E.U.A. Patente 2,716,973, 4 septiembre 1952.
- [46] J. E. Cook, «Ball Throwing Machine». E.U.A. Patente 2,793,636, 28 mayo 1957.
- [47] E. Swartout, «Ball Throwing Machine Having Two Rotatable Discs With Converging And Diverging Interstices». E.U.A. Patente 3,399,660, 3 septiembre 1968.
- [48] C. E. Samuels, «Ball Projecting Device Having Two Rotatable Wheels». E.U.A. Patente 3,538,900, 10 noviembre 1970.
- [49] J. E. Cook, «Ball Throwing Machine». E.U.A. Patente 2,925,811, 23 febrero 1960.
- [50] J. E. Cook, «Ball Throwing Machine and Target Net». E.U.A. Patente 3,375,005, 26 marzo 1968.
- [51] J. E. Cook, «Ball Throwing and Receiving System». E.U.A. Patente 3,713,658, 30 enero 1973.
- [52] J. E. Cook, «Table Tennis Practice and Game Equipment». E.U.A. Patente 3,761,085, 25 septiembre 1973.
- [53] J. E. Newgarden, «Ball Projecting Device with Spin Producing Mechanism». E.U.A. Patente 3,794,011, 26 febrero 1974.
- [54] J. E. Newgarden, «Table Tennis Ball Serving Apparatus». E.U.A. Patente 3,878,827, 22 abril 1975.
- [55] D. P. Holloway, «Device Having Coacting Wheels for Projecting Tennis Balls». E.U.A. Patente 3,777,732, 11 diciembre 1973.
- [56] A. S. Yarur, «evice Having Tiltable and Rotatable Coacting Wheels for Projecting Tennis Balls». E.U.A. Patente 3,913,552, 21 octubre 1975.
- [57] J. C. Scott, «Tennis Ball Throwing Machine». E.U.A. Patente 4,086,903, 2 mayo 1978.
- [58] G. Berliner, «Table Tennis Robot». E.U.A. Patente 4,116,438, 26 septiembre 1978.
- [59] S. Yuasa, «Coacting Wheel Ball Emitting Device of Tennis Training System». E.U.A. Patente 4,325,351, 20 abril 1982.
- [60] J.-P. Ballerin, «Ball Throwing Device with Ball Throwing Heads and Ball Conveying System Including Y-Junction». E.U.A. Patente 4,559,918, 24 diciembre 1985.
- [61] N. R. Bruce, «Ball Throwing Apparatus». E.U.A. Patente 4,632,088, 30 diciembre 1986.
- [62] W. Daley, «Table Tennis Robot». E.U.A. Patente 4,765,618, 23 agosto 1988.
- [63] T.-H. Lu, «Table Tennis Training System». E.U.A. Patente 5,533,722, 9 julio 1966.
- [64] J. C. Scott, «Ball Throwing Apparatus». E.U.A. Patente 5,649,523, 22 julio 1997.
- [65] C.-C. Ko, «On-Court Service Machine for Table Tennis». E.U.A. Patente 6,186,132, 13 febrero 2001.

- [66] W. Daley, «Lateral Positioning and Recycling Table Tennis Robot». E.U.A. Patente 6,371,872, 16 abril 2002.
- [67] X. Fang, «Automatic Table Tennis Server». E.U.A. Patente 2007/0238555 A1, 11 octubre 2007.
- [68] H. Zhang, «Digitally Controlled, User Programmable And Field Relocatable Table Tennis Robot». E.U.A. Patente 2009/0011872, 8 enero 2009.
- [69] J. E. Newgarden y G. Gatchel, «Table Tennis Ball Serving Device». E.U.A. Patente 4,844,458, 4 julio 1989.
- [70] J. E. Newgarden y G. Gatchel, «Table Tennis Ball Serving Device». E.U.A. Patente 4,854,588, 8 agosto 1989.
- [71] J. E. Newgarden y G. Gatchel, «Table Tennis Ball Serving Device». E.U.A. Patente 4,917,380, 17 abril 1990.
- [72] J. E. Newgarden y G. Gatchel, «Table Tennis Ball Serving Device». E.U.A. Patente 5,009,421, 23 abril 1991.
- [73] J. E. Newgarden y G. Gatchel, «Robot Table Tennis Ball Server Assembly». E.U.A. Patente 5,485,995, 23 abril 1991.
- [74] M. L. Thoman, «Table Tennis Robot and Method of Operation». E.U.A. Patente 2012/0196707 A1, 2 agosto 2012.
- [75] Newgy, «Ping Pong Table Equipment for improving your table tennis skills,» [En línea]. Disponible en: <http://www.newgy.com/c-5-robots.aspx>. [Último acceso: 28 octubre 2013].
- [76] IPONG, [En línea]. Disponible en: <http://www.ipong.net>. [Último acceso: 28 octubre 2013].
- [77] Oukei Robots, [En línea]. Disponible en: <http://www.oukeiusa.com>. [Último acceso: 28 octubre 2013].
- [78] Killerspin, «Table Tennis Equipment & Ping Pong Accesories,» [En línea]. Disponible en: <http://www.killerspin.com>. [Último acceso: 28 octubre 2013].
- [79] AMDT Robots, [En línea]. Disponible en: <http://www.amdtpingpong.com>. [Último acceso: 28 octubre 2013].
- [80] Butterfly North America, [En línea]. Disponible en: <http://www.butterflyonline.com>. [Último acceso: 28 octubre 2013].
- [81] Paddle Palace, [En línea]. Disponible en: <http://www.paddlepalace.com>. [Último acceso: 28 octubre 2013].
- [82] M. French, *Conceptual Design for Engineer*, 3rd ed., Springer.
- [83] N. M. I. NMX-CC-9000-IMNC-2000, «Sistemas de gestión de la calidad –Fundamentos y vocabulario».
- [84] G. E. Dieter y L. C. Schmidt, *Engineering Design*, 4th ed., McGraw-Hill, 2009.
- [85] M. F. Ashby, *Materials Selection in Mechanical Design*, 3rd ed., Elsevier, 2005.

## Anexos

### A. Registros de marca de Ping-Pong®

Ping-Pong® se registró ante el USPTO el 9 de junio de 1931 con números de registro 283,766 y 283,767 y el 24 de junio de 1950 con número de registro 520,720. Estos 3 registros siguen vigentes y son propiedad de Escalade Sports. En estos documentos se protege tanto el nombre de la marca como la tipografía.

Registered June 9, 1931

Trade-Mark 283,766

Republished, under the Act of 1946, June 22, 1948, by  
Parker Brothers, Inc., Salem, Mass.

Renewed June 9, 1931 to Parker Brothers, Inc., of Salem,  
Massachusetts, a corporation of Maine.

Affidavit under Section 8 accepted.

Affidavit under Section 15 received, Sept. 30, 1953.

## UNITED STATES PATENT OFFICE

PARKER BROTHERS, INC., OF SALEM, MASSACHUSETTS

ACT OF FEBRUARY 20, 1905

Application filed January 25, 1930. Serial No. 285,231.

# PING-PONG

### STATEMENT

*To the Commissioner of Patents:*

Parker Brothers, Inc., a corporation organized under the laws of the State of Maine, and having its principal place of business at Salem, in the Commonwealth of Massachusetts, has adopted and used the trade-mark shown in the accompanying drawing, for **BATS AND RACKETS OF THE TENNIS TYPE FOR GAMES**, in Class 22, Games, toys, and sporting goods, and presents herewith five (5) specimens showing the trade-mark as actually used by applicant upon the goods, and requests that the same be registered in the United States Patent Office in accordance with the act of February 20, 1905, as amended. The trade mark comprises the arbitrarily coined words "Ping-Pong." The trade-mark has been continuously used and

applied to said goods in applicant's business since February 1, 1902. The trade-mark is applied or affixed to the goods or to the packages containing the same by stamping, marking, or otherwise impressing thereon said trade-mark or by placing upon the goods or said packages a printed label or decalcomania transfer on which the trade-mark is shown. The applicant, Parker Brothers, Inc., is the owner by assignment of United States trade-mark registration No. 36,864, dated August 6, 1901. The applicant is the owner of United States trade-mark registration No. 215,200, dated August 7, 1928.

PARKER BROTHERS, INC.,  
By GEORGE S. PARKER,  
*President.*

Registro de marca 283,766 [2].

Registered June 9, 1931

Trade-Mark 283,767

Republished, under the Act of 1946, June 22, 1948, by  
Parker Brothers, Inc., Salem, Mass.

Renewed June 9, 1951 to Parker Brothers, Inc., of Salem,  
Massachusetts, a corporation of Maine.

Affidavit under Section 8 accepted.

Affidavit under Section 15 received, Sept. 30, 1953.

## UNITED STATES PATENT OFFICE

PARKER BROTHERS, INC., OF SALEM, MASSACHUSETTS

ACT OF FEBRUARY 20, 1905

Application filed January 25, 1930. Serial No. 295,230.

# PING-PONG

### STATEMENT

*To the Commissioner of Patents:*

Parker Brothers, Inc., a corporation organized under the laws of the State of Maine, and having its principal place of business at Salem in the Commonwealth of Massachusetts, has adopted and used the trade-mark shown in the accompanying drawing, for HOLLOW COMPOSITION AND LIKE BALLS FOR INDOOR BAT OR RACKET GAMES, TABLE GAMES, TENNIS-TYPE GAMES, AND THE LIKE, in Class 22, Games, toys, and sporting goods, and presents herewith five (5) specimens showing the trade-mark as actually used by applicant upon the goods, and requests that the same be registered in the United States Patent Office in accordance with the act of February 20, 1905, as amended. The trade-mark comprises the arbitrarily coined words "Ping-

Pong." The trade-mark has been continuously used and applied to said goods in applicant's business since February 1, 1902. The trade-mark is applied or affixed to the goods or to the packages containing the same by stamping, marking, or otherwise impressing thereon said trade-mark or by placing upon the goods or said packages a printed label or decalcomania transfer on which the trade-mark is shown. The applicant, Parker Brothers, Inc., is the owner by assignment of United States trade mark registration No. 36,854, dated August 6, 1901. The applicant, Parker Brothers, Inc., is the owner of United States trade mark registration No. 246,203, dated August 7, 1928.

PARKER BROTHERS, INC.,  
By GEORGE S. PARKER,  
President.

Registro de marca 283,767 [2].

# UNITED STATES PATENT OFFICE

Parker Brothers, Inc., Salem, Mass.

Act of 1948

Application April 15, 1948, Serial No. 564,018

## PING-PONG

### (Statement)

Parker Brothers, Inc., a corporation duly organized under the laws of the State of Maine, located at Salem, Massachusetts, and doing business at 160 Bridge Street, Salem, Massachusetts, has adopted and used the trade-mark shown in the accompanying drawing, for a GAME PLAYED WITH RACKETS AND BALLS, in Class 22, Games, toys, and sporting goods, and presents herewith five specimens showing the trade-mark as actually applied to the goods, the containers for the goods, displays associated with the goods, and/or tags or labels affixed to the goods, and requests that the same be registered in the United States Patent Office on the Principal Register in accordance with the act of July 5, 1948.

The trade-mark was first used on approximately August 1, 1900, and was first used in commerce among the several States of the United States which may lawfully be regulated by Congress on approximately August 1, 1900, and thereafter in commerce between foreign nations and the United States.

Said corporation is the present owner of

Registration No. 245,200 dated August 7, 1928, to Parker Brothers, Inc., of Salem, Massachusetts.

### (Declaration)

Robert B. M. Barton, being duly sworn, deposes and says that he is the president of Parker Brothers, Inc., the applicant named in the foregoing statement, that he believes that said corporation is the owner of the trade-mark which is in use in commerce among the States of the United States and between foreign nations and the United States and that no other person, firm, corporation or association, to the best of his knowledge and belief, has the right to use such trade-mark in commerce which may lawfully be regulated by Congress either in the identical form thereof or in such near resemblance thereto as might be calculated to deceive, that the drawing and description truly represent the trade-mark sought to be registered, that the specimens show the trade-mark as actually used in connection with the goods, and that the facts set forth in the statement are true.

PARKER BROTHERS, INC.,  
By ROBERT B. M. BARTON,  
President.

Registro de marca 520,720 [2].

## B. Código fuente

```
/*Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa*/
```

```
int enablePin = 11;
```

```
int in1Pin = 10;
```

```
int in2Pin = 9;
```

```
int potPin = 0;
```

```
int enable2Pin = 6;
```

```
int in3Pin = 5;
```

```
int in4Pin = 3;
```

```
int pot2Pin = 1;
```

```
#include <Servo.h>
```

```
int pot3Pin = 2;
```

```
int servoPin = 12;
```

```
Servo servo;
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
  pinMode(in1Pin, OUTPUT);
```

```
  pinMode(in2Pin, OUTPUT);
```

```
  pinMode(enablePin, OUTPUT);
```

```
  pinMode(in3Pin, OUTPUT);
```

```
  pinMode(in4Pin, OUTPUT);
```

```
  pinMode(enable2Pin, OUTPUT);
```

```
  servo.attach(servoPin);
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
int reading = analogRead(potPin);

int angle = reading / 11;

servo.write(angle);

int vel_1 = analogRead(potPin) / 4;

setMotor(vel_1);

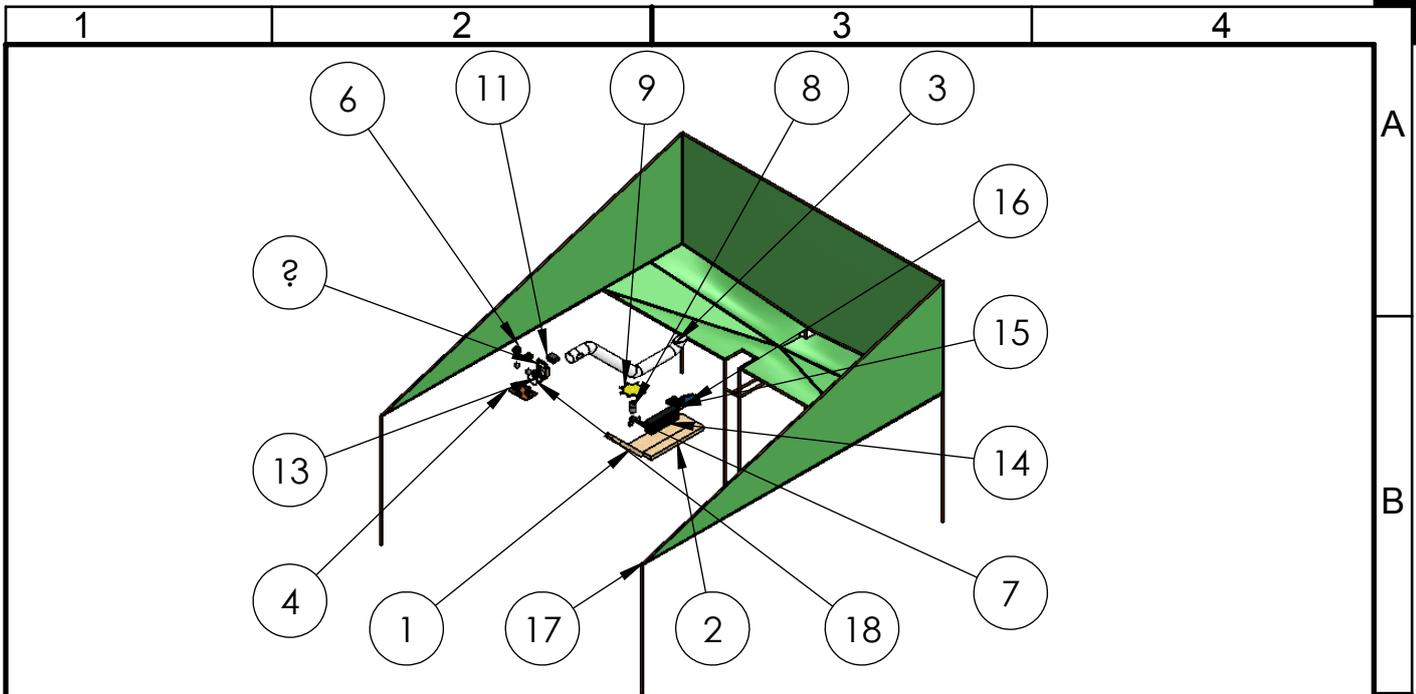
int vel_2 = analogRead(pot2Pin) / 4;

setMotor2(vel_2);
}

void setMotor(int vel_1)
{
    analogWrite(enablePin, vel_1);
    digitalWrite(in1Pin, LOW);
    digitalWrite(in2Pin, HIGH);
}

void setMotor2(int vel_2)
{
    analogWrite(enable2Pin, vel_2);
    digitalWrite(in3Pin, LOW);
    digitalWrite(in4Pin, HIGH);
}
```

## **C. Planos de fabricación**



PARTE	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	Base central	Fabricar	1
2	Base lateral	Fabricar	1
3	Canal de lanzamiento	Fabricar	1
4	Base motores	Fabricar	1
5	Motor DC	Pololu #130	2
6	Discos de lanzamiento	3.3 x 1.9 x 2 mm	2
7	Abrazadera	Abrazaera omega 1 in	1
8	Motorreductor	Motorreductor 5V	1
9	Distribuidor	(Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa) Distribuidor	1
10	Soporte servomotor	Fabricar	1
11	Servomotor	Power HD-1501 MG	1
12	Polea menor	Fabricar	1
13	Polea mayor	Fabricar	1
14	Batería recargable	Dynavolt 6-FM-2.3	1
15	Circuito	Soldar componentes	1
16	Arduino UNO	Arduino UNO R3	1
17	Estructura y sistemas de almacenamiento y captura	Fabricar estructura, cortar tela	1
18	Banda redonda	1 mm x 22 cm	1

Material: <b>Varios</b>		This drawing and any information or descriptive material set out on it are the confidential and copyright property of <b>Daniel Candelas</b> . © and MUST NOT BE DISCLOSED, COPIED, LOANED in whole or part or used for any purpose without the written permission of <b>Daniel Candelas</b> .	Description: <b>Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa</b>		
Finish: <b>Modelo</b>			Drawn by: <b>DICS</b>	Drawn Date: <b>4/03/14</b>	
Unless Otherwise Stated: Linear Tol.: $\pm 0.01$ , Angular Tol.: $0^{\circ}15'$ Surface Finish: $0.8\mu\text{m}$ All Dimensions: <b>mm</b>			Checked/Approved by: <b>RIFL</b>	Checked/Approved Date: <b>4/03/14</b>	
Drawing Scale: <b>1:33.3</b>		Document Type: <b>plano</b>	<b>Company Confidential</b>		
Approx Weight: <b>2.57 Kg</b>	Drawing Produced In Accordance With: <b>NOM</b>	Legal Owner: <b>Daniel Candelas</b>	Part Number: <b>0</b>		
Projection Method: <b>THIRD ANGLE</b>	Sheet Size: <b>A4</b>	CDMIT FI UNAM	Drawing Number: <b>1</b>	Sheet: <b>1 of 10</b>	Revision: <b>1</b>

1

2

3

4

A

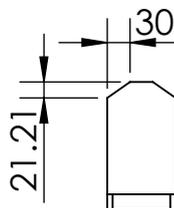
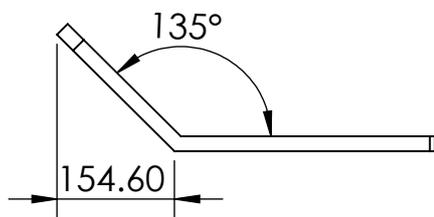
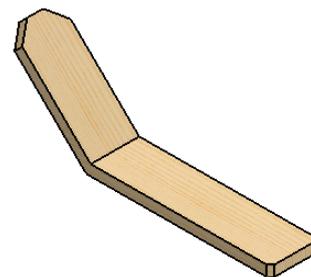
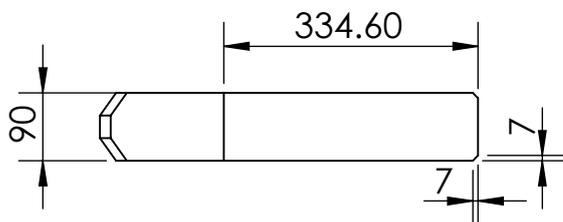
B

C

D

E

F



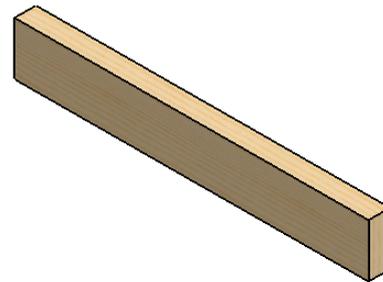
Material: <b>Madera</b>		This drawing and any information or descriptive material set out on it are the confidential and copyright property of <b>Daniel Candelas</b> . © and MUST NOT BE DISCLOSED, COPIED, LOANED in whole or part or used for any purpose without the written permission of <b>Daniel Candelas</b> .	Description: <b>(Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa) Base central</b>		
Finish: <b>Modelo</b>			Drawn by: <b>DICS</b>	Drawn Date: <b>4/03/14</b>	
Unless Otherwise Stated: Linear Tol.: $\pm 0.01$ , Angular Tol.: $0^{\circ}15'$ All Dimensions: mm		Document Type: <b>plano</b>	Checked/Approved by: <b>RIFL</b>	Checked/Approved Date: <b>4/03/14</b>	
Drawing Scale: <b>1:10</b>		<b>Company Confidential</b>	Part Number: <b>1</b>		
Approx Weight: <b>300 g</b>	Drawing Produced In Accordance With: <b>NOM</b>	Legal Owner: <b>Daniel Candelas</b>	Drawing Number: <b>2</b>		
Projection Method: <b>THIRD ANGLE</b> 	Sheet Size: <b>A4</b>	CDMIT FI UNAM	Sheet: <b>2 of 10</b>	Revision: <b>1</b>	

1

2

3

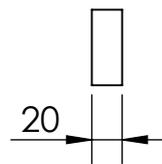
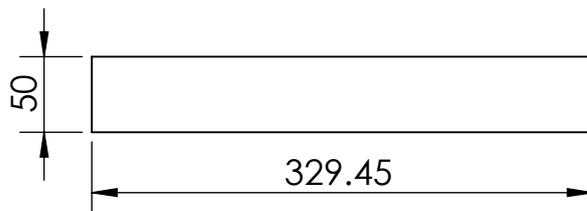
4



A

B

C

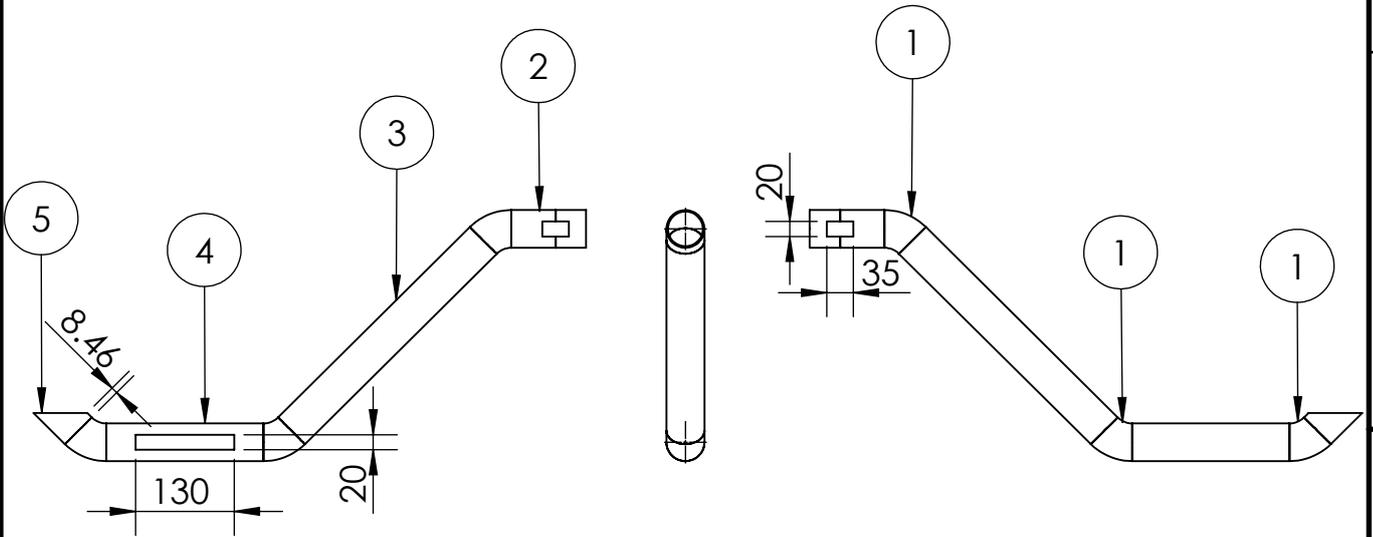
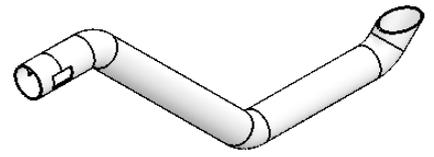


D

E

F

Material: <b>Madera</b>		This drawing and any information or descriptive material set out on it are the confidential and copyright property of <b>Daniel Candelas</b> . © and MUST NOT BE DISCLOSED, COPIED, LOANED in whole or part or used for any purpose without the written permission of <b>Daniel Candelas</b> .	Description: <b>(Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa) Base lateral</b>		
Finish: <b>modelo</b>			Drawn by: <b>DICS</b>	Drawn Date: <b>4/03/14</b>	
Unless Otherwise Stated: Linear Tol.: <b>±0.01</b> All Dimensions: <b>mm</b>		Document Type: <b>plano</b>	Checked/Approved by: <b>RIFL</b>	Checked/Approved Date: <b>4/03/14</b>	
Drawing Scale: <b>1:5</b>		<b>Company Confidential</b>	Part Number: <b>2</b>		
Approx Weight: <b>110 g</b>	Drawing Produced In Accordance With: <b>NOM</b>	Legal Owner: <b>Daniel Candelas</b>	Drawing Number: <b>3</b>		
Projection Method: <b>THIRD ANGLE</b> 	Sheet Size: <b>A4</b>	CDMIT FI UNAM	Sheet: <b>3 of 10</b>	Revision: <b>1</b>	



PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	codo 2 in x 45°	3
2	tubo 2 in x 100 mm	1
3	tubo 2 in x 357 mm	1
4	tubo 2 in x 207 mm	1
5	tubo 2 in x 59 mm	1

Material: <b>pvc</b>		This drawing and any information or descriptive material set out on it are the confidential and copyright property of <b>Daniel Candelas</b> . © and MUST NOT BE DISCLOSED, COPIED, LOANED in whole or part or used for any purpose without the written permission of <b>Daniel Candelas</b> .	Description: <b>(Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa) Canal de lanzamiento</b>		
Finish: <b>modelo</b>			Drawn by: <b>DICS</b>	Drawn Date: <b>4/03/14</b>	
Unless Otherwise Stated: Linear Tol.: <b>±0.01</b> All Dimensions: <b>mm</b>		Document Type: <b>plano</b>	Checked/Approved by: <b>RIFL</b>		Checked/Approved Date: <b>4/03/14</b>
Drawing Scale: <b>1:10</b>		<b>Company Confidential</b>		Part Number: <b>3</b>	
Approx Weight: <b>300 g</b>	Drawing Produced In Accordance With: <b>NOM</b>	Legal Owner: <b>Daniel Candelas</b>		Drawing Number: <b>4</b>	
Projection Method: <b>THIRD ANGLE</b>	Sheet Size: <b>A4</b>	CDMIT FI UNAM		Sheet: <b>4 of 10</b>	Revision: <b>1</b>

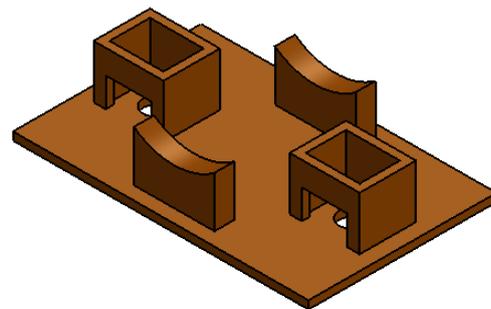
1

2

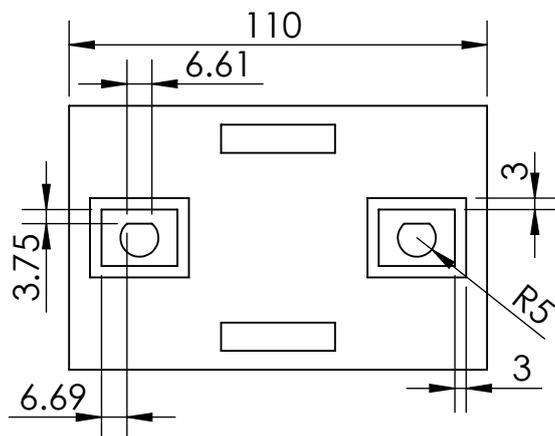
3

4

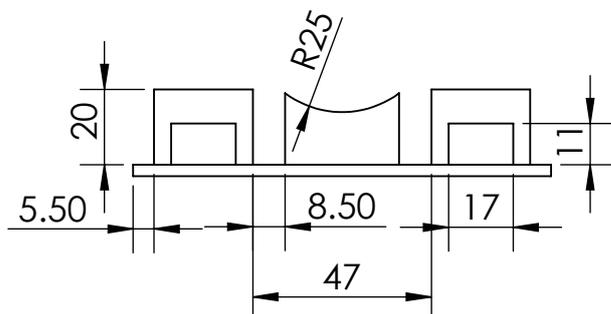
A



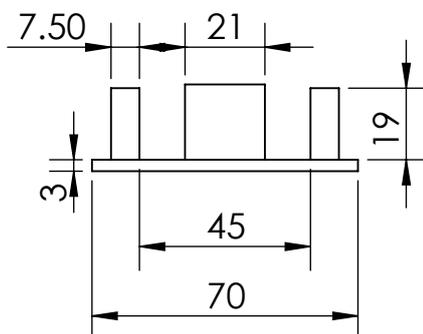
B



C



D



E

F

Material: <b>Acrílico</b>		This drawing and any information or descriptive material set out on it are the confidential and copyright property of <b>Daniel Candelas</b> . © and MUST NOT BE DISCLOSED, COPIED, LOANED in whole or part or used for any purpose without the written permission of <b>Daniel Candelas</b> .	Description: <b>(Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa) Base motores</b>		
Finish: <b>modelo</b>			Drawn by: <b>DICS</b>	Drawn Date: <b>4/03/14</b>	
Unless Otherwise Stated: Linear Tol.: <b>±0.01</b> All Dimensions: <b>mm</b>		Document Type: <b>plano</b>	Checked/Approved by: <b>RIFL</b>	Checked/Approved Date: <b>4/03/14</b>	
Drawing Scale: <b>1:2</b>		<b>Company Confidential</b>	Part Number: <b>4</b>		
Approx Weight: <b>46 g</b>	Drawing Produced In Accordance With: <b>NOM</b>	Legal Owner: <b>Daniel Candelas</b>	Drawing Number: <b>5</b>		
Projection Method: <b>THIRD ANGLE</b> 	Sheet Size: <b>A4</b>	CDMIT FI UNAM	Sheet: <b>5 of 10</b>	Revision: <b>1</b>	

1

2

3

4

A

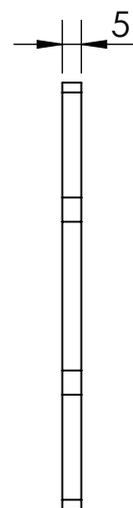
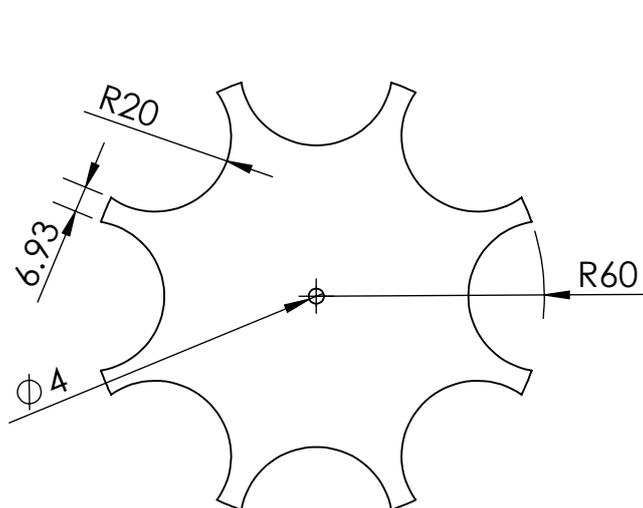
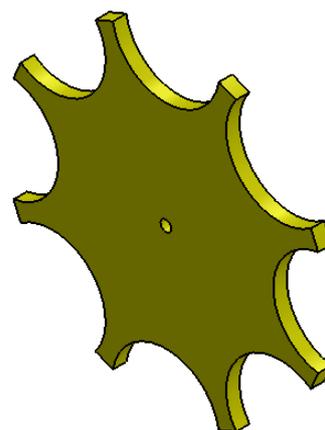
B

C

D

E

F



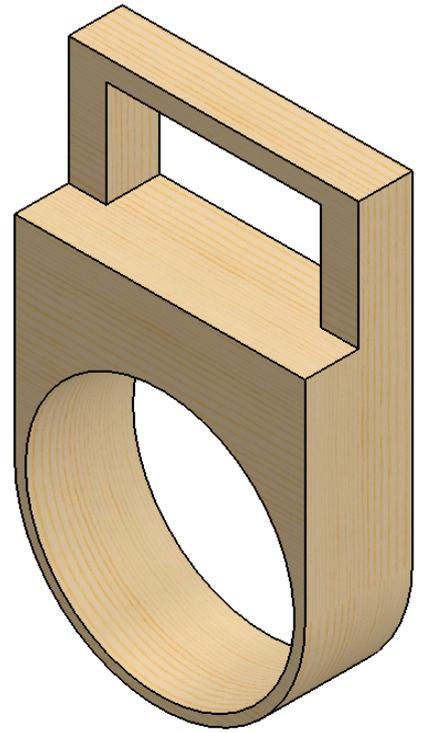
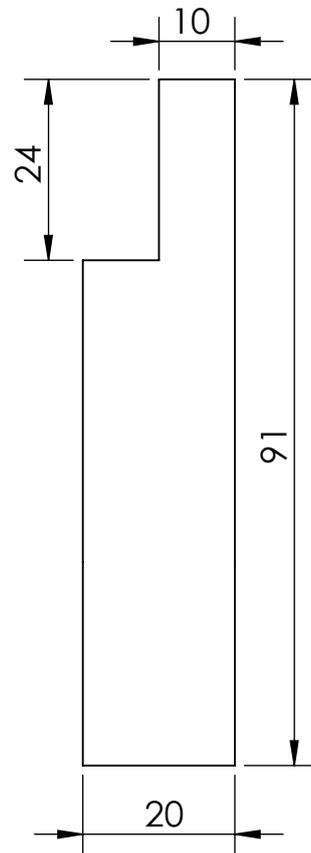
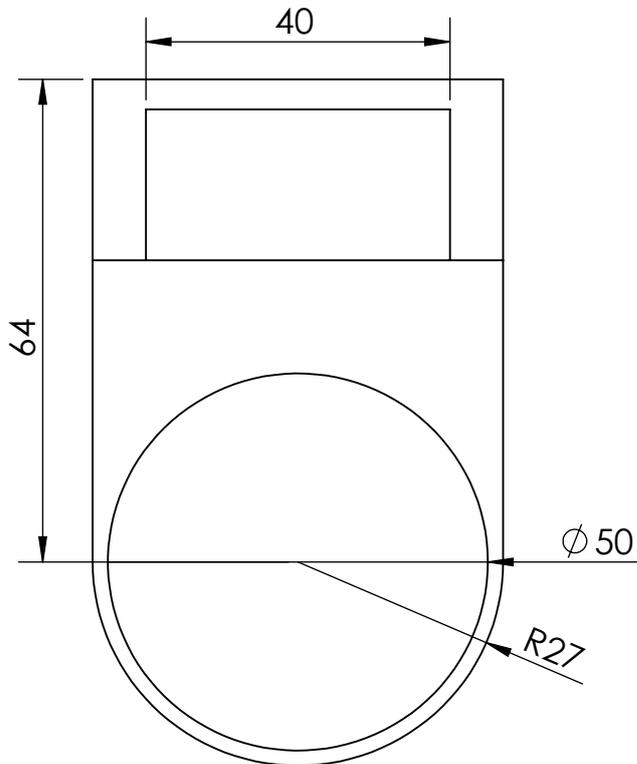
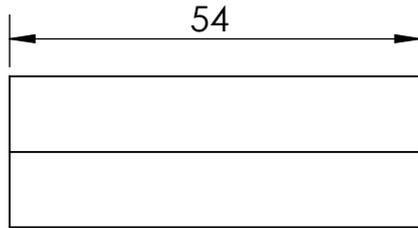
Material: <b>Madera</b>		This drawing and any information or descriptive material set out on it are the confidential and copyright property of <b>Daniel Candelas</b> . © and MUST NOT BE DISCLOSED, COPIED, LOANED in whole or part or used for any purpose without the written permission of <b>Daniel Candelas</b> .	Description: <b>(Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa) Distribuidor</b>		
Finish: <b>modelo</b>			Drawn by: <b>DICS</b>	Drawn Date: <b>4/03/14</b>	
Unless Otherwise Stated: Linear Tol.: <b>±0.01</b> All Dimensions: <b>mm</b>		Document Type: <b>plano</b>	Checked/Approved by: <b>RIFL</b>	Checked/Approved Date: <b>4/03/14</b>	
Drawing Scale: <b>1:2</b>		<b>Company Confidential</b>	Part Number: <b>9</b>		
Approx Weight: <b>5</b> g	Drawing Produced In Accordance With: <b>NOM</b>	Legal Owner: <b>Daniel Candelas</b>	Drawing Number: <b>6</b>		
Projection Method: <b>THIRD ANGLE</b> 	Sheet Size: <b>A4</b>	CDMIT FI UNAM	Sheet: <b>6 of 10</b>	Revision: <b>1</b>	

1

2

3

4



A

B

C

D

E

F

Material: <b>Madera</b>		This drawing and any information or descriptive material set out on it are the confidential and copyright property of <b>Daniel Candelas</b> . © and MUST NOT BE DISCLOSED, COPIED, LOANED in whole or part or used for any purpose without the written permission of <b>Daniel Candelas</b> .	Description: <b>(Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa) Soporte servomotor</b>		
Finish: <b>modelo</b>			Drawn by: <b>DICS</b>	Drawn Date: <b>4/03/14</b>	
Unless Otherwise Stated: Linear Tol.: <b>±0.01</b> All Dimensions: <b>mm</b>		Document Type: <b>plano</b>	Checked/Approved by: <b>RIFL</b>		Checked/Approved Date: <b>4/03/14</b>
Drawing Scale: <b>1:1</b>		<b>Company Confidential</b>		Part Number: <b>10</b>	
Approx Weight: <b>10 g</b>	Drawing Produced In Accordance With: <b>NOM</b>		Legal Owner: <b>Daniel Candelas</b>		
Projection Method: <b>THIRD ANGLE</b> 	Sheet Size: <b>A4</b>		Drawing Number: <b>7</b>		Sheet: <b>7 of 10</b>
		CDMIT FI UNAM	Revision: <b>1</b>		

1

2

3

4

A

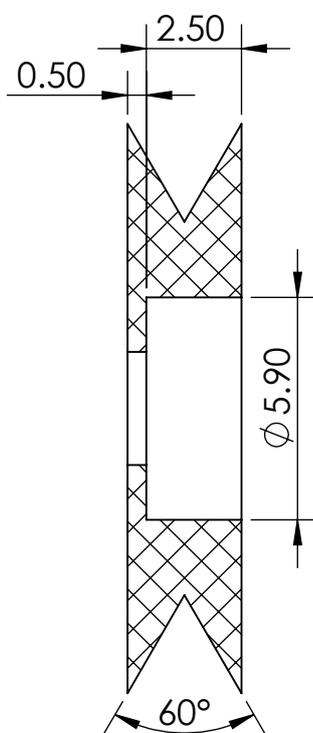
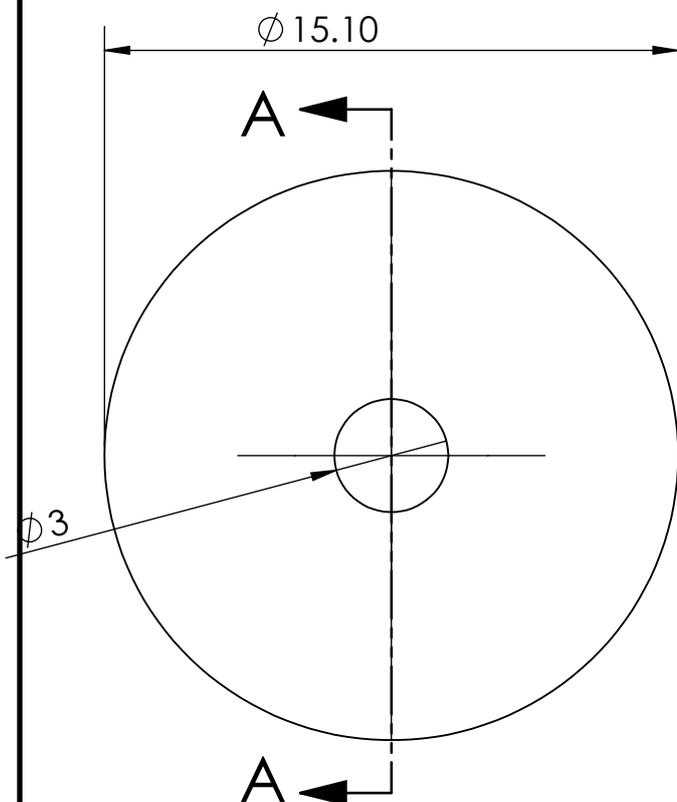
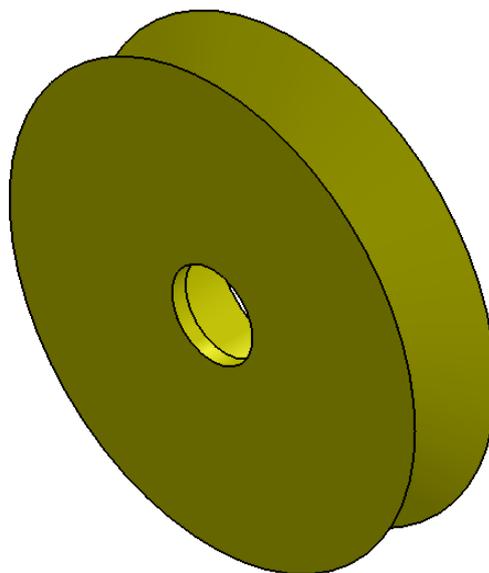
B

C

D

E

F



SECTION A-A

Material: <b>ABS</b>		This drawing and any information or descriptive material set out on it are the confidential and copyright property of <b>Daniel Candelas</b> . © and MUST NOT BE DISCLOSED, COPIED, LOANED in whole or part or used for any purpose without the written permission of <b>Daniel Candelas</b> .	Description: <b>(Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa) Polea menor</b>		
Finish: <b>modelo</b>			Drawn by: <b>DICS</b>	Drawn Date: <b>4/03/14</b>	
Unless Otherwise Stated: Linear Tol.: $\pm 0.01$ , Angular Tol.: $0^{\circ}15'$ All Dimensions: mm			Checked/Approved by: <b>RIFL</b>	Checked/Approved Date: <b>4/03/14</b>	
Drawing Scale: <b>5:1</b>		Document Type: <b>plano</b>	<b>Company Confidential</b>		
Approx Weight: <b>0.3 g</b>	Drawing Produced In Accordance With: <b>NOM</b>	Legal Owner: <b>Daniel Candelas</b>	Part Number: <b>12</b>		
Projection Method: <b>THIRD ANGLE</b>	Sheet Size: <b>A4</b>	CDMIT FI UNAM	Drawing Number: <b>8</b>	Sheet: <b>8 of 10</b>	Revision: <b>1</b>

1

2

3

4

A

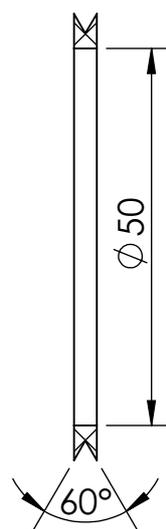
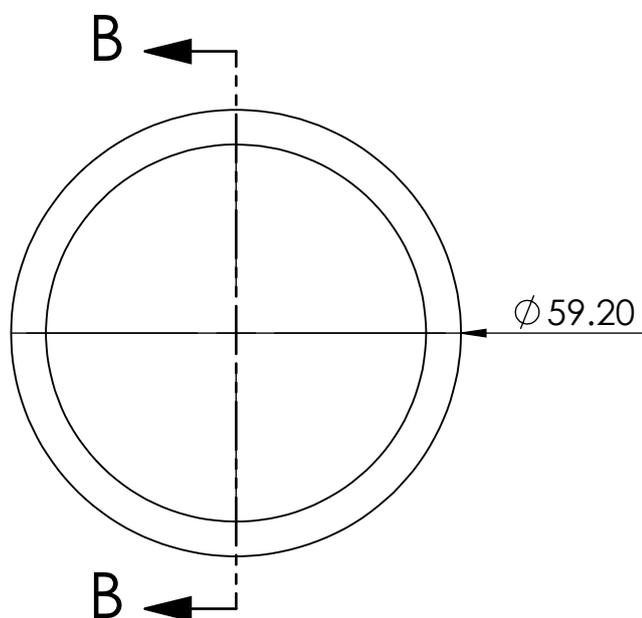
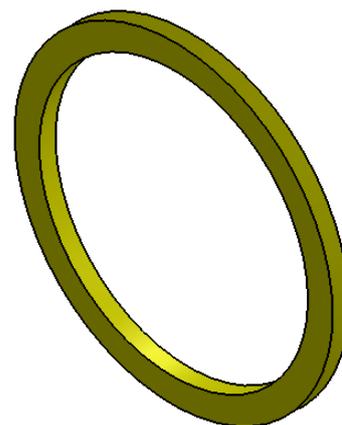
B

C

D

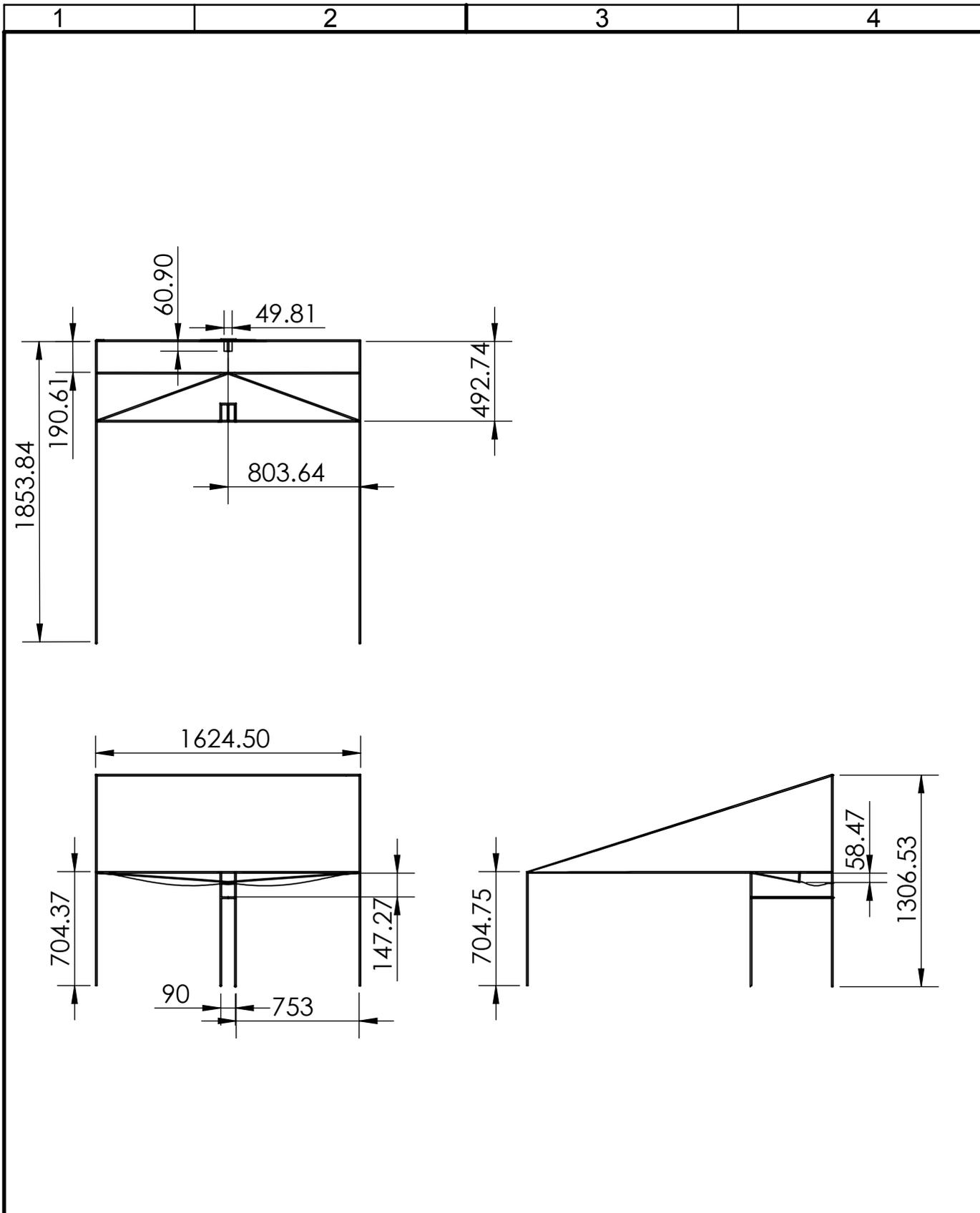
E

F



SECTION B-B

Material: <b>ABS</b>		This drawing and any information or descriptive material set out on it are the confidential and copyright property of <b>Daniel Candelas</b> . © and MUST NOT BE DISCLOSED, COPIED, LOANED in whole or part or used for any purpose without the written permission of <b>Daniel Candelas</b> .	Description: <b>(Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa) Polea mayor</b>		
Finish: <b>modelo</b>			Drawn by: <b>DICS</b>	Drawn Date: <b>4/03/14</b>	
Unless Otherwise Stated: Linear Tol.: <b>±0.01</b> All Dimensions: <b>mm</b>		Document Type: <b>plano</b>	Checked/Approved by: <b>RIFL</b>	Checked/Approved Date: <b>4/03/14</b>	
Drawing Scale: <b>1:1</b>		<b>Company Confidential</b>	Part Number: <b>13</b>		
Approx Weight: <b>0.17 g</b>	Drawing Produced In Accordance With: <b>NOM</b>	Legal Owner: <b>Daniel Candelas</b>	Drawing Number: <b>9</b>		
Projection Method: <b>THIRD ANGLE</b> 	Sheet Size: <b>A4</b>	CDMIT FI UNAM	Sheet: <b>9 of 10</b>	Revision: <b>1</b>	



Material: <b>Aluminio, tela</b>		This drawing and any information or descriptive material set out on it are the confidential and copyright property of <b>Daniel Candelas</b> . © and MUST NOT BE DISCLOSED, COPIED, LOANED in whole or part or used for any purpose without the written permission of <b>Daniel Candelas</b> .	Description: <b>(Máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa) Estructura y sistemas de almacenamiento y captura</b>		
Finish: <b>modelo</b>			Drawn by: <b>DICS</b>	Drawn Date: <b>4/03/14</b>	
Unless Otherwise Stated: Linear Tol.: <b>±0.01</b> All Dimensions: <b>mm</b>		Document Type: <b>plano</b>	Checked/Approved by: <b>RIFL</b>		
Drawing Scale: <b>1:33.3</b>		<b>Company Confidential</b>	Checked/Approved Date: <b>4/03/14</b>		
Approx Weight: <b>1.8 Kg</b>	Drawing Produced In Accordance With: <b>BS8888</b>	Legal Owner: <b>Daniel Candelas</b>	Part Number: <b>17</b>		
Projection Method: <b>THIRD ANGLE</b> 	Sheet Size: <b>A4</b>	CDMIT FI UNAM	Drawing Number: <b>10</b>	Sheet: <b>10 of 10</b>	Revision: <b>1</b>