

**Curso:** Robótica IELE-3338

**Semestre:** 2023-10

**Profesor:** Juan José García Cárdeas

**Asistente:** Susana Marcela Chavez

**Asistente:** Andres Armando Serna Contreras

**Monitor:** David Santiago Ortiz Almanza

**Monitor:** Santiago Rodríguez Ávila

**Publicación:** 15 de marzo de 2023

**Entrega:** 05 de junio de 2023



## Proyecto final Multi-tasking Differential Robot

### 1 Motivación

En los últimos años, la importancia de la robótica ha experimentado un notorio crecimiento. El desarrollo de un robot implica la colaboración de diversas disciplinas. Independiente de la tarea que debe realizar, el robot debe tener la habilidad de desplazarse de manera autónoma, además de ser capaz de identificar y manipular distintos objetos.

El desarrollo de este proyecto pretende retar a los estudiantes a diseñar y construir un robot móvil con todas las necesidades que ello conlleva, desde la planeación física de los planos del robot hasta la programación de cada una de las tareas que debe realizar. Además este robot móvil debe contar con su propio manipulador que se encuentre en capacidad de sostener y manejar el objeto que se especifique en el reto

Un aspecto fundamental para el éxito de este proyecto es el trabajo en equipo. Es necesario conocer las fortalezas y debilidades de cada integrante para poder sobrepasarlas y culminar satisfactoriamente el reto propuesto.

### 2 Descripción general

**Utilizando ROS, cada equipo deberá diseñar, construir y programar un robot móvil capaz de cumplir varias tareas relacionadas con la navegación autónoma, la identificación de objetos y la manipulación de los mismos.**

El objetivo final del proyecto es la entrega de un robot autónomo que cumpla con los requerimientos dados y que esté dotado con las capacidades para resolver la serie de problemas planteados. La toma de decisiones de diseño debe ser cuidadosa y estructurada de manera que se logre cumplir con el objetivo final del reto.

## 3 Especificaciones

En la presente sección se detallan las especificaciones de diseño, operación y escenario. De igual manera se explica detalladamente el reto a completar.

### 3.1 Robot

A continuación se listan tanto especificaciones como restricciones que los robots diseñados deben cumplir.

- El robot debe ser completamente autónomo.
- El tamaño del robot no puede exceder 20cm x 20cm. No hay restricción en cuanto a altura.
- El suministro de energía del robot debe ser únicamente a través de baterías. No se permitirá conexión física de ningún tipo externa al robot.
- Toda la comunicación del sistema debe realizarse a través de ROS.
- El robot debe recibir las instrucciones para ejecutar cada una de las pruebas a través de un servicio de ROS definido específicamente en cada prueba.
- El diseño físico y mecánico del robot es totalmente libre, respetando normas jurídicas y principios que regulan los derechos morales y patrimoniales (Derechos de autor).
- El robot debe contar mínimo con una tarjeta de procesamiento (SBC) para poderse comunicarse con la interfaz maestra que indicará las instrucciones a cada robot.
- El robot debe tener la capacidad de navegar de manera autónoma a través de un ambiente 2D. Esto incluye las siguientes habilidades: Localización, planeación de ruta, seguimiento de ruta y evasión de obstáculos.
- El robot debe tener la capacidad de identificar diversas formas geométricas, colores (primarios) y tamaños.
- Cada equipo deberá diseñar un manipulador para su robot, que le permita agarrar, transportar y depositar objetos en un lugar específico. El robot debe ser capaz de manejar estas tareas de manipulación de manera efectiva.

### 3.2 Operación

En la figura 1 se muestra un diseño general de la arquitectura de red que se debe utilizar a la hora de sustentar el proyecto final. El robot diseñado debe tener ROS y contar con conexión Wi-Fi de manera que se pueda comunicar de manera remota (TCP-IP) con el computador externo así como con otros dispositivos conectados a la misma red.



Figure 1: Arquitectura de conexión para las pruebas

Cada grupo podrá ejecutar la cantidad de nodos de ROS que consideren necesarios, sin embargo, se deben asegurar de ofrecer todos los servicios requeridos que son descritos más adelante. No puede haber ningún tipo de conexión externa diferente a ROS que permita manipular el robot (SSH, escritorio remoto, etc.)

### 3.3 Descripción General del Reto

El proyecto presenta un desafío que involucra tres subtarefas distintas, cada una relacionada con una habilidad diferente del robot: navegación autónoma, percepción e identificación de objetos, y manipulación de objetos. En cada subtarea, el robot deberá estar conectado a una red específica y se le asignarán las instrucciones correspondientes a través de un servicio de ROS con sus respectivos parámetros. El robot iniciará en un punto específico del mapa proporcionado y deberá completar la tarea asignada en cada caso. El objetivo final del proyecto es que el robot pueda realizar con éxito las tres subtarefas.

### 3.4 Tarea 1: Navegación Autónoma

La primera subtarea del proyecto se enfoca en la navegación autónoma del robot a través de un entorno determinado. Se espera que el robot posea habilidades de localización, planificación y seguimiento de ruta, así como la capacidad de evadir obstáculos. El robot comenzará en una ubicación aleatoria en el mapa y deberá dirigirse a una coordenada específica, a través de un laberinto que puede tener variaciones.

El laberinto incluirá obstáculos estáticos y dinámicos que el robot deberá esquivar, y existiran múltiples rutas posibles para llegar al punto deseado. Para iniciar la prueba, se invocará un servicio de ROS cuyo parámetro es la coordenada a la que el robot debe llegar. Además, se brindará un mapa estático en formato .pgm y .yaml, y se ofrecerán cuatro cámaras con vista superior y los respectivos tópicos donde se publicará esta información.

Es posible agregar elementos al mapa para mejorar la localización del robot, siempre y cuando no se altere la estructura del mapa original. En general, esta tarea se enfoca en evaluar la capacidad del robot para navegar en un entorno desconocido y desconcertante, tomando decisiones autónomas para alcanzar el objetivo final.

### 3.4.1 Definición de la comunicación

Cada grupo debe ofrecer de manera obligatoria el siguiente servicio para dar inicio a la prueba:

**Service:** `/group_x/start_navigation_test_srv`

Donde **x** es el número del grupo. Ej: `/group_1/start_navigation_test_srv`. Para el grupo 1

- **Request**
  - **x** (float64): Coordenada X
  - **y** (float64): Coordenada Y
- **Response**
  - **answer** (string): Indica si el servicio fue aprobado o no

El equipo de robótica ofrecerá una serie de tópicos que transmitirán la imagen percibida por cada una de las cámaras instaladas en la pista, estos tópicos tendrán la siguiente estructura:

**Topic:** `/map/camera_y`

Donde **y** es la cámara a analizar. Ej: `/map/camera_1`. Topico de la cámara 1.

- **Message File:** `sensor_msgs/Image.msg`

### 3.4.2 Rúbrica, bonificaciones y penalizaciones

Resultado	Nota
Llegada al primer checkpoint de manera autónoma	50%
Llegada al segundo checkpoint de manera autónoma	75%
Llegada al punto final de manera autónoma	100%

Table 1: Rúbrica

Resultado	Bonificación
No hacer uso del servicio especificado en la prueba	-100%
Choque con obstáculo estático durante el recorrido	-100%
Choque con obstáculo dinámico durante el recorrido	-15%
Mostrar a través de una interfaz gráfica la ruta planeada, la posición del robot y el estado de navegación (Planeando, Navegando, Esquivando Obstáculo, Llegó)	+20%

Table 2: Bonificaciones y Penalizaciones

## 3.5 Tarea 2: Visión por computador

La siguiente subtarea a realizar está enfocada en visión por computador. Se espera que el robot posea habilidades de detección de color, formas geométricas y de palabras. El robot inicia en una posición determinada y deberá llegar a la zona donde se debe realizar la tarea. Una vez llegado a la

zona, se encontrará con 3 *Banners* diferentes que tendrán la siguiente estructura: figura, palabra y color (ver *figura 3*).

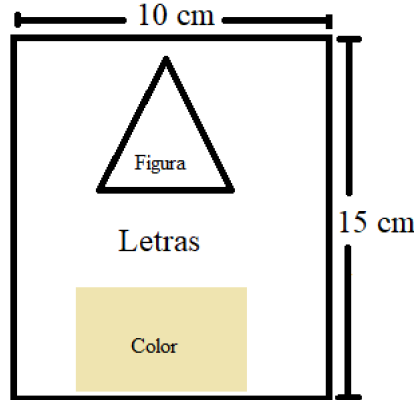


Figure 2: Ejemplo *banner* tarea visión

El inicio de la prueba se indicará a través del llamado de un servicio de ROS. En este se especificará 2 de los 3 *Banners* que deberá identificar. El robot deberá publicar en un tópico la figura, la palabra y el color de cada uno de los banners especificados en el request del servicio.

Va a haber una **bonificación**, esta se le brindará al equipo que sea capaz de encerrar todas las características a analizar en un cuadrado de forma individual y publicar esa imagen(es) en una interfaz. Es decir, el equipo que pueda encerrar la figura, letra y color de cada banner de forma individual obtendrá la bonificación. A continuación se presenta un ejemplo de lo que se pide:

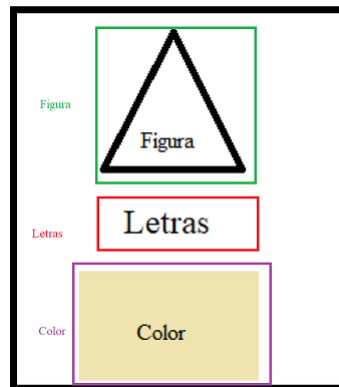


Figure 3: Ejemplo Resultado esperado para bonificación

### 3.5.1 Definición de la comunicación

Cada grupo debe ofrecer el siguiente servicio de manera obligatoria para dar inicio a la prueba:  
`/group_x/start_perception_test_srv`

- Request
  - banner\_a (int32): Indica el primer banner que el robot deberá identificar.

- banner\_b (int32): Indica el segundo banner que el robot deberá identificar.

- **Response**

- answer (string): Mensaje con la siguiente estructura: "Debo identificar el banner  $a$  que se encuentra en las coordenadas ... y el banner  $b$  que se encuentra en las coordenadas ..."

El equipo de robótica ofrecerá un tópico donde cada grupo deberá publicar la figura, la palabra y el color de cada uno de los banner especificados:

**Topic:** /vision/banner\_group\_{x}

- **Message File:** banner.msg

- **Content:**

- banner (int32): Indica el banner que se está describiendo
- figure (string): Indica el nombre de la figura que se identificó
- word (string): Indica la palabra identificada
- color (string): Indica el color identificado

### 3.5.2 Rúbrica, bonificaciones y penalizaciones

Resultado	Nota
Identifica las 3 características de uno de los <i>banner</i> especificados	50%
Identifica las 3 características de los dos <i>banners</i> especificados	100%

Table 3: Rúbrica

Resultado	Bonificación
No hacer uso del servicio especificado en la prueba	-100%
Encuentra 1 <i>banner</i> que no tenga ninguna de las tres características	-100%
El robot no es capaz de llegar de forma autónoma al punto de análisis de imagen	-90%
Mostrar a través de una interfaz gráfica lo que el robot está viendo en cada momento. Encierra los lugares en donde se encuentra el color, palabra y figura de cada <i>banner</i> que se analice	+20%

Table 4: Bonificaciones y Penalizaciones

## 3.6 Tarea 3: Manipulación de objetos

En esta segunda subtarea, el desafío consiste en que el robot sea capaz de manipular objetos de diferentes formas y tamaños. Para ello, el robot deberá contar con habilidades de percepción, planificación y control para lograr manipular el objeto de manera exitosa.

El robot iniciará la prueba en un punto específico del mapa y se dirigirá a una zona destinada para la prueba de manipulación. En dicha zona encontrará dos plataformas: una de 10 cm de altura

(Plataforma 1) y otra de 15 cm de altura (Plataforma 2). En una de las plataformas se encontrará una ficha tipo Lego, la cual el robot deberá agarrar para posteriormente transportarla hacia la segunda plataforma donde dejará de manera cuidadosa la ficha tomada.

En la prueba existirán 3 tipos de fichas Lego, el robot debe estar en la capacidad de tomar cualquiera de ellas. A continuación se describen las medidas de las posibles fichas:

- Ficha 1: 6 cm X 6 cm x 4 cm
- Ficha 2: 6 cm x 12 cm x 4 cm
- Ficha 3: 6 cm x 3 cm x 4 cm

El inicio de la prueba se indicará a través del llamada de un servicio de ROS. En este se especificará en cuál de las plataformas se encuentra la ficha Lego, así como el tipo de ficha a manipular.

### 3.6.1 Definición de la comunicación

Cada grupo debe ofrecer de manera obligatoria el siguiente servicio para dar inicio a la prueba:

**Service:** `/group_{x}/start_manipulation_test_srv`

- **Request**
  - platform (string): Indica la plataforma donde se encuentra la ficha Lego. (platform\_1 / platform\_2)
  - x (int32): Tipo de ficha que se encuentra encima de la plataforma
- **Response**
  - answer (string): Mensaje con la siguiente estructura: "La ficha de tipo x se encuentra en la plataforma ... y la llevaré a la plataforma ..."

### 3.6.2 Rúbrica, bonificaciones y penalizaciones

Resultado	Nota
El robot es capaz de agarrar la ficha de la plataforma origen sin dejarla caer por al menos 3 segundos.	34%
El robot es capaz de agarrar la ficha de la plataforma origen y puede transportarla hasta la plataforma destino sin dejarla caer.	67%
El robot es capaz de agarrar la ficha de la plataforma origen, puede transportarla hasta la plataforma destino y es capaz de dejarla encima de la plataforma destino.	100%

Table 5: Rúbrica

Resultado	Bonificación
No hacer uso del servicio especificado en la prueba	-100%
Mover alguna de las plataforma establecidas	-15%
El robot no es capaz de llegar de forma autónoma al punto de análisis de imagen	-90%
El robot es capaz de volver a la plataforma de origen a tomar una nueva ficha y dejarla en la plataforma destino	+20%

Table 6: Bonificaciones y Penalizaciones

## 4 Escenario

El escenario se plantea como se muestra en la figura 4.

Se resalta que el escenario es un dibujo hipotético y solamente un bosquejo de la pista real que se tendrá disponible pronto para pruebas preliminares. También se debe tener en cuenta que en la imagen del mapa se encuentra en una grilla, cada cuadro de esta grilla equivalen a  $5\text{ cm}^2$ .

Es un escenario de aproximadamente **2.25m x 1.80m** y que está dividido en tres zonas (Amarillo, Rosa y Verde). A cada una de estas 3 zonas le corresponde una de las subtarear específicas. La zona amarilla corresponde a la tarea de Navegación, la zona Rosa a la de manipulación y la verde a la de visión por computador. Cada zona tiene un punto de entrada, se puede distinguir porque se ve como un tipo de "puerta" en cada zona, la idea es que el robot sea capaz de llegar de forma autónoma a esos puntos. El punto de inicio de cualquiera de las pruebas va a ser cercano a las "puertas" de cada zona.

A continuación se muestra el mapa del proyecto final.

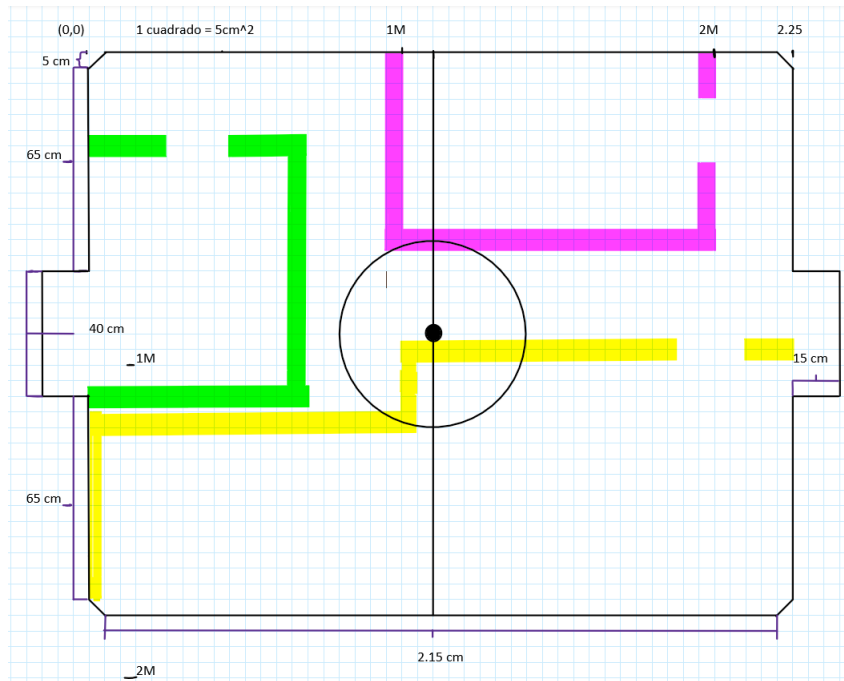


Figure 4: Escenario proyecto final



## 5 Calificación

Cada una de las subtareas (Navegación autónoma, visión por computador y manipulación) tienen un valor de 2.0 unidades.

### 5.1 Bonificaciones

Cada uno de los equipos tiene la posibilidad de ganar las siguientes bonificaciones sobre la calificación final de proyecto.

Descripción	Bonificación
El robot tiene una PCB funcional que involucra todo el sistema electrónico del robot, es decir, no existe ninguna protoboard con componentes adicionales.	+0.55
Grupo que en promedio realice las tareas en el menor tiempo.	+0.25

Table 7: Bonificaciones adicionales

### 5.2 Penalizaciones

Cada uno de los equipos tiene las siguientes posibilidades con su respectiva penalidad sobre la calificación final de proyecto.

- Reinicio sin incidencia alguna sobre la nota.
- Interacción con humano (**cualquier contacto con el robot o algún pc externo**) implica empezar la prueba desde 0 con una penalidad de 0.2.
- Cualquier choque con la pista acarrea una penalidad de 0.2. Excepto en la prueba de navegación, donde implica la inválidez de la prueba.
- En caso de no cumplir algunas de las restricciones especificadas en la sección 3 de este documento, implicará la no participación en la sustentación del proyecto final y, por tanto, la nota del proyecto final será 0.

Cualquier grupo que logre desarrollar la prueba de manera perfecta sin requerir ninguno de los reinicios disponibles y que nunca haya acudido a interacción con humano, obtendrá una nota definitiva en la materia de 5.0.

## 6 Metodología

Cada una de las subtareas (Navegación autónoma, visión por computador y manipulación) tendrá una franja horaria de 2 horas. En esta franja horaria cada uno de los grupos tendrá 8 minutos para llevar a cabo la tarea propuesta. En el momento que esta franja horaria finalice no se podrá presentar esta subtarea de nuevo.

A continuación se describen las franjas horarias de cada una de las subtareas.

<b>Horario</b>	<b>Subtarea</b>
8:00 - 10:00	Navegación Autónoma
10:00 - 12:00	Manipulación
13:00 - 15:00	Visión por computador
15:00 - 16:00	Bonus

Table 8: Horarios de presentación

En el horario Bonus todos los grupos tendrán una oportunidad para presentar de nuevo una subtarea que elijan.