

# MANUAL DE PROCESO DE INGENIERÍA





## ÍNDICE

### 1. propósito, estructura y objetivo

#### 1.1 Propósito del área

#### 1.2 Roles y responsabilidades

#### 1.3 Filosofía

### 1. Análisis y desglose de reglas

#### 2.1 Inmersión en las reglas

#### 2.2 Desglose de puntuación y estrategias

#### 2.3 Definición del alcance del robot

### 1. Diseño conceptual

#### 3.1 investigación de mecanismos

#### 3.2 lluvia de ideas

#### 3.3 prototipo de baja fidelidad

#### 3.4 evaluación y congelamiento de diseño

### 1. Documento de requisitos del robot (DRR).

#### 4.1 Elaboración de DRR

#### 4.2 Revisión y validación del DRR

#### 4.3 Transición a modelado CAD

### 1. Documentación

#### 5.1 Control de documentos

### 1. Cierre de fase





# PROPÓSITO, ESTRUCTURA Y OBJETIVO

Este documento define el proceso que el equipo seguirá durante la primera fase de la temporada, desde el kickoff hasta la generación del Documento de Requisitos del Robot (DRR).

El objetivo es asegurar que el diseño del robot:

- Responda directamente a una estrategia competitiva
- Esté basado en análisis y datos
- Sea validado antes de pasar a CAD

La estructura del proceso es secuencial y lógica: primero entender el juego, luego definir cómo ganar, después diseñar soluciones, validarlas y finalmente documentarlas.

## 1.1 PROPÓSITO DEL ÁREA

El área de ingeniería tiene la responsabilidad de transformar el reto del juego en un sistema robótico funcional, competitivo y viable.

Esto implica:

- Interpretar correctamente las reglas
- Traducir necesidades estratégicas en requisitos técnicos
- Diseñar soluciones eficientes
- Validar decisiones mediante prototipos

El objetivo no es construir rápido, sino construir con certeza.

## 1.2 ROLES Y RESPONSABILIDADES

Para evitar desorganización, cada rol debe tener funciones claras:

- Líder de ingeniería: supervisa el proceso técnico y valida decisiones clave.
- Capitán / líder de estrategia: define cómo se gana el juego y priorizar tareas.
- Líder de diseño: coordina el desarrollo de mecanismos y conceptos.
- Sub-equipos: investigan soluciones específicas por tarea.
- Equipo de prototipado: construye y prueba mecanismos.
- Documentador: registra todo el proceso y mantiene orden.

## 1.3 FILOSOFÍA

El proceso se rige por principios clave que deben respetarse en todo momento:

- Estrategia antes que diseño: nunca se diseña sin entender el juego.
- Datos antes que opiniones: toda decisión debe tener justificación.
- Iteración rápida: es mejor fallar en prototipo que en competencia.
- Simplicidad: la confiabilidad siempre supera a la complejidad.





# ANÁLISIS Y DESGLOSE DE REGLAS

La fase de análisis y desglose de reglas tiene como propósito establecer una comprensión completa, precisa y compartida del reto de la temporada, así como definir la base estratégica sobre la cual se diseñará el robot. Esta etapa constituye el insumo principal para todas las decisiones posteriores. Un análisis incorrecto o incompleto deriva en estrategias deficientes y, en consecuencia, en diseños ineficientes. El objetivo no es únicamente entender qué permite o prohíbe el reglamento, sino identificar cómo maximizar el rendimiento dentro de sus límites.

## Enfoque de la fase

El análisis debe abordarse desde una perspectiva técnica y estratégica, considerando:

- Qué acciones generan mayor valor en el juego
- Qué restricciones limitan el diseño del robot
- Qué oportunidades pueden explotarse competitivamente
- Cómo se desarrolla un partido en condiciones reales

Esta fase debe separar claramente la comprensión del problema de la generación de soluciones. No se deben proponer mecanismos ni ideas de diseño en este punto.

## Componentes del análisis

El proceso se divide en dos sub-etapas principales:

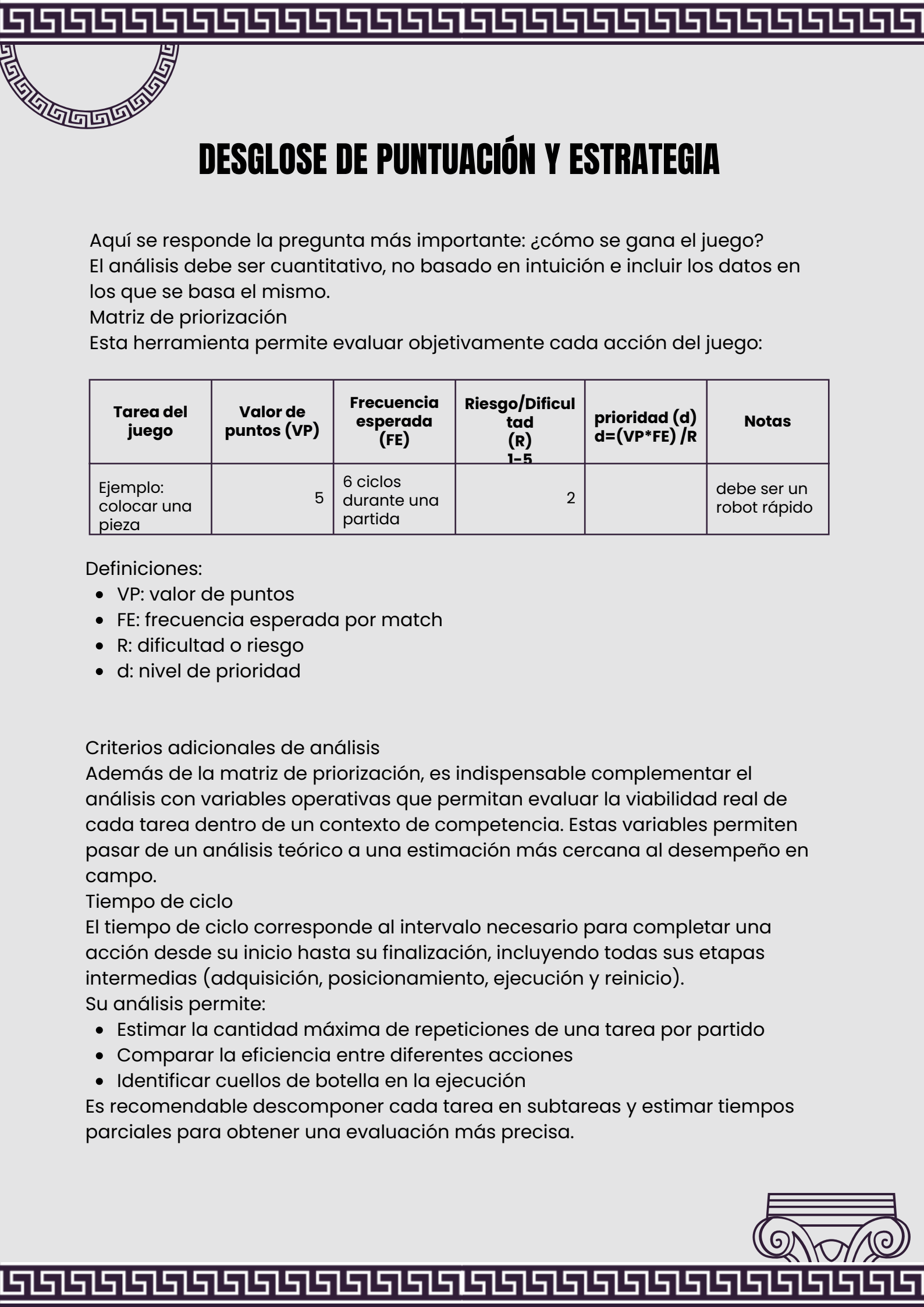
### 2.1 Inmersión en las reglas

En esta sub-etapa se realiza una lectura profunda y estructurada del reglamento oficial, con el objetivo de identificar:

- Restricciones técnicas y operativas
- Penalizaciones relevantes
- Elementos del campo y su interacción
- Flujo general del juego

El resultado es una interpretación clara, documentada y compartida por todo el equipo.





# DESGLOSE DE PUNTUACIÓN Y ESTRATEGIA

Aquí se responde la pregunta más importante: ¿cómo se gana el juego?  
El análisis debe ser cuantitativo, no basado en intuición e incluir los datos en los que se basa el mismo.  
Matriz de priorización  
Esta herramienta permite evaluar objetivamente cada acción del juego:

| Tarea del juego            | Valor de puntos (VP) | Frecuencia esperada (FE)     | Riesgo/Dificultad (R)<br>1-5 | prioridad (d)<br>$d=(VP*FE)/R$ | Notas                    |
|----------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Ejemplo: colocar una pieza | 5                    | 6 ciclos durante una partida | 2                            |                                | debe ser un robot rápido |

- Definiciones:
- VP: valor de puntos
  - FE: frecuencia esperada por match
  - R: dificultad o riesgo
  - d: nivel de prioridad

Criterios adicionales de análisis  
Además de la matriz de priorización, es indispensable complementar el análisis con variables operativas que permitan evaluar la viabilidad real de cada tarea dentro de un contexto de competencia. Estas variables permiten pasar de un análisis teórico a una estimación más cercana al desempeño en campo.

Tiempo de ciclo  
El tiempo de ciclo corresponde al intervalo necesario para completar una acción desde su inicio hasta su finalización, incluyendo todas sus etapas intermedias (adquisición, posicionamiento, ejecución y reinicio).

- Su análisis permite:
- Estimar la cantidad máxima de repeticiones de una tarea por partido
  - Comparar la eficiencia entre diferentes acciones
  - Identificar cuellos de botella en la ejecución

Es recomendable descomponer cada tarea en subtareas y estimar tiempos parciales para obtener una evaluación más precisa.





### Confiabilidad esperada

La confiabilidad representa la probabilidad de que una acción se complete exitosamente bajo condiciones reales de competencia.

Este factor debe considerar:

- Variabilidad en la ejecución (errores humanos o del sistema)
- Interacción con otros robots
- Condiciones del campo
- Complejidad del mecanismo requerido

Una tarea con alto valor en puntos pero baja confiabilidad puede resultar menos efectiva que una tarea más simple pero altamente consistente. Por lo tanto, la confiabilidad debe ponderarse como un factor crítico en la toma de decisiones.

### Dependencias operativas

Las dependencias hacen referencia a la relación secuencial o condicional entre distintas acciones del robot.

Por ejemplo:

- No es posible anotar sin haber adquirido previamente una pieza
- Ciertas acciones pueden requerir posicionamiento específico antes de ejecutarse
- Algunas tareas pueden bloquear o limitar la ejecución simultánea de otras

El análisis de dependencias permite:

- Comprender la complejidad real de cada tarea
- Identificar rutas de ejecución más eficientes
- Evitar sobrecargar el diseño con procesos encadenados innecesarios

### Interacción con el entorno y otros robots

Adicionalmente, se debe considerar cómo cada tarea se ve afectada por factores externos:

- Presencia de robots aliados o contrarios
- Posibles escenarios de defensa
- Congestión en zonas clave del campo

Este análisis permite anticipar condiciones reales de juego y diseñar estrategias más robustas.





### Resultado del análisis

Al concluir esta etapa, el equipo debe haber transformado el análisis de reglas y puntuación en una base estratégica clara y accionable.

En particular, se deben obtener los siguientes resultados:

#### Lista priorizada de tareas

Un listado ordenado de todas las acciones posibles del juego, jerarquizadas en función de su impacto estratégico, considerando tanto su valor en puntos como su viabilidad operativa.

Esta lista debe reflejar no sólo qué acciones son más valiosas, sino cuáles son más eficientes y consistentes en un contexto real de competencia.

### Definición del núcleo estratégico del robot

A partir de la lista priorizada, se deberán seleccionar las **tres tareas principales** que definirán el comportamiento del robot durante la temporada.

Este núcleo estratégico debe:

- Maximizar la generación de puntos
- Ser viable dentro del tiempo de desarrollo disponible
- Mantener un equilibrio entre complejidad y confiabilidad

Estas tareas constituyen la base sobre la cual se desarrollará todo el diseño del robot.

### Asignación de sub-equipos de investigación

Una vez definido el núcleo estratégico, se procederá a la asignación de sub-equipos responsables de investigar soluciones para cada tarea prioritaria.

Cada sub-equipo deberá:

- Analizar posibles mecanismos
- Evaluar alternativas de implementación
- Preparar propuestas para la fase de diseño conceptual

Esta asignación permite avanzar de manera paralela en múltiples frentes, optimizando el tiempo de desarrollo y fomentando la especialización dentro del equipo.

### Criterio de éxito

Esta etapa se considera completada de manera satisfactoria cuando:

- Existe una priorización clara, justificada y compartida por todo el equipo
- Se ha definido un enfoque estratégico concreto para el robot
- Se han asignado responsabilidades específicas para la siguiente fase





# DEFINICIÓN DE ALCANCE DEL ROBOT

Una vez concluido el análisis de reglas y la priorización estratégica de tareas, es necesario establecer de manera explícita el alcance del robot.

El propósito de esta sección es definir con claridad qué hará y qué no hará el robot, asegurando que el diseño se mantenga enfocado, viable y alineado con los objetivos estratégicos del equipo.

La definición de alcance actúa como un mecanismo de control que previene la sobrecarga de funciones (over engineering) y facilita la toma de decisiones durante las etapas posteriores de diseño.

## Enfoque de la definición de alcance

El alcance del robot debe basarse directamente en:

- La lista priorizada de tareas del juego
- El núcleo estratégico definido (top 3 tareas)
- Las capacidades técnicas y recursos del equipo
- El tiempo disponible de desarrollo

No todas las tareas del juego deben ser implementadas. Un robot competitivo es aquel que ejecuta pocas funciones de manera consistente y eficiente, no aquel que intenta hacer todo.

## Definición de funcionalidades incluidas

Se debe establecer una lista clara de las funciones que el robot realizará durante la competencia.

Estas funciones deben:

- Derivarse directamente de la estrategia definida
- Ser técnicamente viables
- Tener impacto significativo en la puntuación

Ejemplo:

- Recoger piezas del suelo
- Transportar piezas de forma segura
- Anotar en objetivo principal
- Ejecutar acción de endgame

Cada función seleccionada debe estar justificada en términos de valor estratégico.

## Definición de funcionalidades excluidas

De igual forma, es obligatorio definir qué funciones no serán implementadas, incluso si están disponibles en el juego.

Esto permite:

- Evitar desviaciones durante el diseño
- Reducir complejidad innecesaria
- Mantener el enfoque del equipo





Ejemplo:

- No se implementará puntuación en objetivo secundario
- No se desarrollará capacidad defensiva activa
- No se priorizan funciones de baja frecuencia o alto riesgo

Estas decisiones deben documentarse junto con su justificación.

### **Criterios de selección**

La inclusión o exclusión de funciones debe basarse en criterios objetivos, tales como:

- Impacto en la puntuación total
- Tiempo de ciclo requerido
- Confiabilidad esperada
- Complejidad de implementación
- Recursos disponibles

Se deben priorizar aquellas funciones que maximicen la eficiencia del robot en condiciones reales de competencia.

### **Alineación con el diseño**

El alcance definido en esta etapa debe servir como referencia obligatoria para:

- La investigación de mecanismos (3.1)
- La generación de ideas (3.2)
- El prototipado (3.3)
- La definición del DRR (4.1)

Cualquier propuesta que no esté alineada con el alcance definido debe ser descartada o reevaluada.

### **Entregables**

Al finalizar esta sección, el equipo debe contar con:

- **Lista de funcionalidades incluidas**
- **Lista de funcionalidades excluidas**
- **Justificación técnica y estratégica de cada decisión**

### **Criterio de éxito**

Esta etapa se considera completada cuando:

- Existe claridad total sobre el alcance del robot
- No hay ambigüedad respecto a qué se va a construir
- El equipo está alineado en las prioridades del diseño

### **Importancia estratégica**

Una definición de alcance adecuada permite concentrar los esfuerzos del equipo en aquello que realmente genera valor, evitando dispersión de recursos y reduciendo el riesgo de fallos en etapas avanzadas.





# DISEÑO CONCEPTUAL

## 3.1 INVESTIGACIÓN DE MECANISMOS

Previo a cualquier proceso de diseño, es indispensable realizar una etapa de investigación estructurada que permita fundamentar las decisiones técnicas sobre conocimiento existente y evidencia comprobada.

El objetivo de esta fase es identificar, analizar y evaluar las posibles soluciones mecánicas para cada una de las tareas prioritarias del robot, asegurando que las propuestas no solo sean funcionales, sino también viables dentro de las capacidades técnicas y materiales del equipo.

Adicionalmente, esta etapa debe considerar de manera explícita los recursos disponibles en el taller, tales como componentes reutilizables, herramientas, experiencia previa del equipo y limitaciones de manufactura. Diseñar sin considerar estos factores incrementa significativamente el riesgo de implementación.

### Enfoque de la investigación

La investigación debe orientarse a comprender cómo y por qué funcionan los mecanismos existentes, evitando limitarse a una simple recopilación superficial de ejemplos.

Cada sub-equipo asignado deberá abordar su investigación con los siguientes objetivos:

- Identificar soluciones probadas para tareas similares
- Comprender los principios mecánicos involucrados
- Evaluar la aplicabilidad de dichas soluciones al reto actual
- Detectar posibles mejoras o adaptaciones

### Fuentes de información

Para garantizar un análisis completo, se recomienda consultar diversas fuentes técnicas:

- Mecanismos utilizados en temporadas anteriores
- Análisis de robots de FIRST (FRC/FTC) que hayan resuelto problemas similares, identificando patrones de diseño y enfoques recurrentes.
- Soluciones de equipos competitivos
- Revisión de robots de alto desempeño, prestando especial atención a simplicidad, robustez y eficiencia.
- Libros de ingeniería y documentación técnica
- Fundamentos teóricos que respalden el funcionamiento de mecanismos (transmisiones, sistemas de cuatro barras, poleas, neumática, etc.).
- Whitepapers y recursos técnicos
- Documentos elaborados por otros equipos o expertos donde se detallan decisiones de diseño, pruebas y resultados.





### Criterios de evaluación de mecanismos

Cada mecanismo identificado deberá ser analizado de forma crítica bajo los siguientes criterios:

- Simplicidad
- Número de componentes, facilidad de ensamblaje y nivel de complejidad general. Se priorizan soluciones simples que reduzcan puntos de falla.
- Confiabilidad
- Capacidad del mecanismo para operar de manera consistente bajo condiciones reales de competencia, incluyendo desgaste, impactos y variabilidad del entorno.
- Facilidad de implementación
- Viabilidad de construir el mecanismo considerando:
  - Herramientas disponibles
  - Nivel técnico del equipo
  - Tiempo de fabricación
  - Disponibilidad de materiales
- Compatibilidad con recursos del equipo
- Evaluación de si el mecanismo puede construirse utilizando componentes existentes en el taller o si requiere adquisiciones adicionales.
- Escalabilidad e integración
- Capacidad del mecanismo para integrarse con otros subsistemas del robot sin generar conflictos de espacio, peso o control.

### Análisis técnico esperado

El análisis de cada mecanismo debe ir más allá de una descripción superficial.

Para cada opción se debe documentar:

- Principio de funcionamiento
- Componentes principales
- Ventajas y desventajas
- Riesgos potenciales
- Requerimientos de construcción
- Posibles puntos de falla
- Referencias visuales (diagramas, imágenes o ejemplos reales)

Este nivel de detalle permite tomar decisiones informadas en etapas posteriores.

### Errores comunes a evitar

- Limitarse a copiar diseños sin comprender su funcionamiento
- Ignorar las limitaciones reales del equipo
- Elegir soluciones complejas sin justificación estratégica
- No documentar fuentes ni conclusiones
- Descuidar la integración futura con otros sistemas





### Entregable

El resultado de esta fase debe ser un catálogo estructurado de mecanismos, organizado por cada tarea prioritaria del robot.

Este catálogo debe incluir:

- Múltiples alternativas por tarea
- Análisis técnico detallado de cada opción
- Comparación entre soluciones
- Recomendaciones preliminares

El documento generado servirá como base directa para la fase de lluvia de ideas y diseño conceptual, permitiendo que las propuestas posteriores estén fundamentadas en conocimiento sólido y no en suposiciones.

Una investigación bien ejecutada en esta etapa reduce significativamente la incertidumbre en el diseño y acelera el desarrollo, permitiendo al equipo enfocarse en optimizar soluciones en lugar de descubrirlas desde cero.





# LLUVIA DE IDEAS

La fase de lluvia de ideas tiene como propósito generar un amplio espectro de posibles soluciones para cada una de las tareas prioritarias del robot, promoviendo la creatividad del equipo sin restricciones prematuras. En esta etapa, el enfoque principal no es la calidad inmediata de las propuestas, sino la diversidad y cantidad de soluciones, con el objetivo de explorar distintas aproximaciones antes de realizar cualquier tipo de filtrado o evaluación técnica.

## Metodología

El proceso debe desarrollarse en un entorno controlado que favorezca la participación activa de todos los miembros del equipo.

Cada participante deberá generar propuestas de manera individual en una primera instancia, para posteriormente compartirlas y discutir las en grupo.

Se recomienda estructurar la sesión de la siguiente manera:

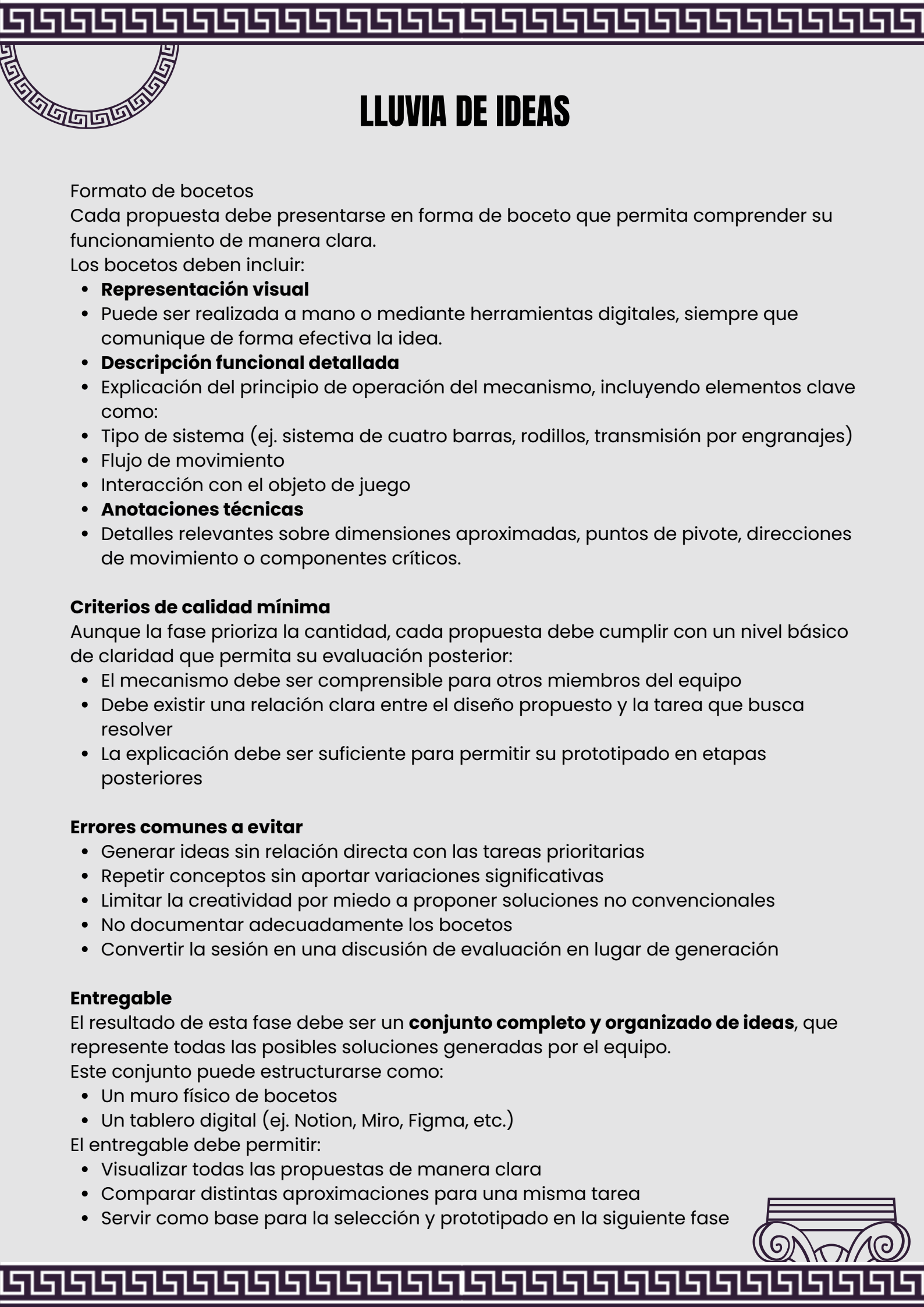
1. Generación individual de ideas
2. Cada miembro desarrolla sus conceptos de forma independiente, evitando influencias externas que limitan la creatividad.
3. Presentación de propuestas
4. Cada participante expone sus ideas al equipo, explicando el funcionamiento general de cada mecanismo.
5. Registro centralizado
6. Todas las ideas deben documentarse en un espacio común (físico o digital), asegurando que ninguna propuesta se pierda.
7. Discusión técnica inicial (sin filtrado)
8. Se permite realizar preguntas para entender mejor cada propuesta, pero sin emitir juicios negativos o descartar ideas en esta fase.

## Reglas clave

Para garantizar la efectividad de esta etapa, se deben respetar los siguientes lineamientos:

- Priorizar cantidad sobre calidad
- Un mayor número de ideas incrementa la probabilidad de encontrar soluciones óptimas.
- Evitar críticas destructivas
- Ninguna propuesta debe ser descartada prematuramente; el objetivo es fomentar un ambiente de confianza y apertura.
- Registrar todas las ideas
- Incluso aquellas que parecen poco viables pueden inspirar soluciones más refinadas posteriormente.
- Participación obligatoria
- Cada miembro debe contribuir activamente con al menos 2–3 conceptos por mecanismo.





# LLUVIA DE IDEAS

Formato de bocetos

Cada propuesta debe presentarse en forma de boceto que permita comprender su funcionamiento de manera clara.

Los bocetos deben incluir:

- **Representación visual**
- Puede ser realizada a mano o mediante herramientas digitales, siempre que comunique de forma efectiva la idea.
- **Descripción funcional detallada**
- Explicación del principio de operación del mecanismo, incluyendo elementos clave como:
  - Tipo de sistema (ej. sistema de cuatro barras, rodillos, transmisión por engranajes)
  - Flujo de movimiento
  - Interacción con el objeto de juego
- **Anotaciones técnicas**
- Detalles relevantes sobre dimensiones aproximadas, puntos de pivote, direcciones de movimiento o componentes críticos.

## Criterios de calidad mínima

Aunque la fase prioriza la cantidad, cada propuesta debe cumplir con un nivel básico de claridad que permita su evaluación posterior:

- El mecanismo debe ser comprensible para otros miembros del equipo
- Debe existir una relación clara entre el diseño propuesto y la tarea que busca resolver
- La explicación debe ser suficiente para permitir su prototipado en etapas posteriores

## Errores comunes a evitar

- Generar ideas sin relación directa con las tareas prioritarias
- Repetir conceptos sin aportar variaciones significativas
- Limitar la creatividad por miedo a proponer soluciones no convencionales
- No documentar adecuadamente los bocetos
- Convertir la sesión en una discusión de evaluación en lugar de generación

## Entregable

El resultado de esta fase debe ser un **conjunto completo y organizado de ideas**, que represente todas las posibles soluciones generadas por el equipo.

Este conjunto puede estructurarse como:

- Un muro físico de bocetos
- Un tablero digital (ej. Notion, Miro, Figma, etc.)

El entregable debe permitir:

- Visualizar todas las propuestas de manera clara
- Comparar distintas aproximaciones para una misma tarea
- Servir como base para la selección y prototipado en la siguiente fase





# PROTOTIPO DE BAJA FIDELIDAD

La fase de prototipado de baja fidelidad tiene como objetivo validar, en condiciones prácticas, el funcionamiento de los conceptos generados durante la etapa de diseño conceptual.

A diferencia de modelos teóricos o bocetos, el prototipo permite comprobar si un mecanismo es capaz de ejecutar la tarea para la cual fue diseñado, identificando limitaciones, riesgos y oportunidades de mejora antes de avanzar a etapas de mayor complejidad.

Esta fase representa la transición entre la idea y la evidencia.

## Principios del prototipado

Los prototipos desarrollados en esta etapa deben cumplir con los siguientes principios:

- Rapidez de construcción
- El objetivo es obtener resultados en el menor tiempo posible. Se prioriza la velocidad de iteración sobre la calidad de fabricación.
- Simplicidad estructural
- Se deben evitar soluciones complejas o sobre ingeniería. El enfoque está en validar el principio de funcionamiento, no en construir una versión final.
- Enfoque funcional
- La estética, el acabado o la optimización no son relevantes en esta etapa. Lo importante es comprobar si el mecanismo cumple su función básica.

## Materiales y recursos

Se recomienda utilizar materiales accesibles y de bajo costo que permitan iteraciones rápidas, tales como:

- Cartón, madera balsa o MDF
- Componentes reutilizados de robots anteriores
- Kits de construcción disponibles
- Impresión 3D rápida (cuando sea viable)

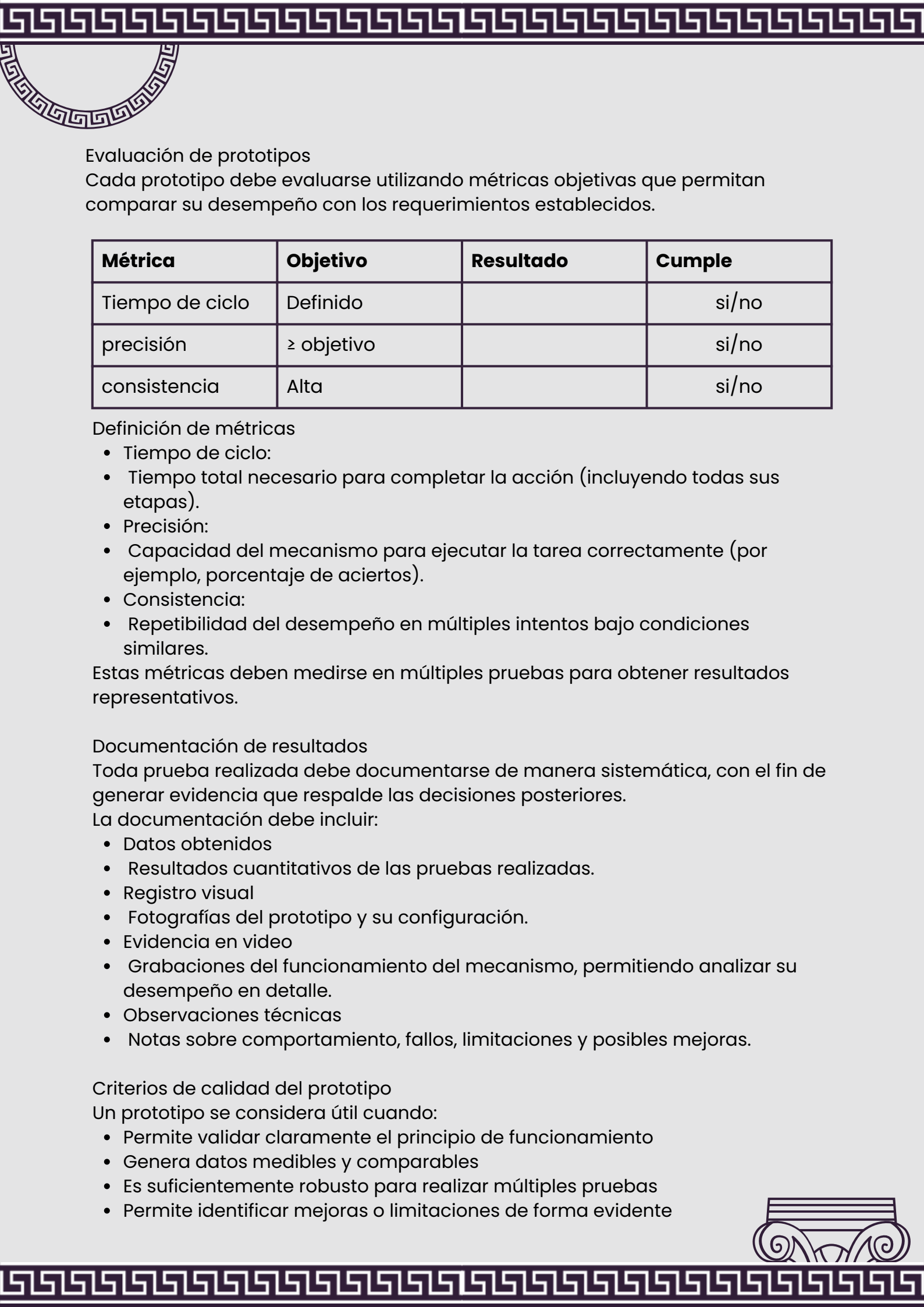
El uso de estos materiales permite construir, modificar y reemplazar componentes sin un impacto significativo en tiempo o recursos.

## Metodología de prototipado

El desarrollo de prototipos debe seguir un enfoque iterativo:

1. Construcción inicial (Proof of Concept)
2. Se desarrolla un modelo básico que permita validar el principio de funcionamiento del mecanismo.
3. Pruebas funcionales
4. El prototipo se somete a condiciones similares a las del juego para observar su desempeño.
5. Ajustes rápidos
6. Se realizan modificaciones inmediatas con base en los resultados obtenidos.
7. Repetición del ciclo
8. El proceso se repite hasta alcanzar un nivel de desempeño aceptable o identificar limitaciones críticas.





Evaluación de prototipos

Cada prototipo debe evaluarse utilizando métricas objetivas que permitan comparar su desempeño con los requerimientos establecidos.

| Métrica         | Objetivo   | Resultado | Cumple |
|-----------------|------------|-----------|--------|
| Tiempo de ciclo | Definido   |           | si/no  |
| precisión       | ≥ objetivo |           | si/no  |
| consistencia    | Alta       |           | si/no  |

Definición de métricas

- Tiempo de ciclo:
- Tiempo total necesario para completar la acción (incluyendo todas sus etapas).
- Precisión:
- Capacidad del mecanismo para ejecutar la tarea correctamente (por ejemplo, porcentaje de aciertos).
- Consistencia:
- Repetibilidad del desempeño en múltiples intentos bajo condiciones similares.

Estas métricas deben medirse en múltiples pruebas para obtener resultados representativos.

Documentación de resultados

Toda prueba realizada debe documentarse de manera sistemática, con el fin de generar evidencia que respalde las decisiones posteriores.

La documentación debe incluir:

- Datos obtenidos
- Resultados cuantitativos de las pruebas realizadas.
- Registro visual
- Fotografías del prototipo y su configuración.
- Evidencia en video
- Grabaciones del funcionamiento del mecanismo, permitiendo analizar su desempeño en detalle.
- Observaciones técnicas
- Notas sobre comportamiento, fallos, limitaciones y posibles mejoras.

Criterios de calidad del prototipo

Un prototipo se considera útil cuando:

- Permite validar claramente el principio de funcionamiento
- Genera datos medibles y comparables
- Es suficientemente robusto para realizar múltiples pruebas
- Permite identificar mejoras o limitaciones de forma evidente





Errores comunes a evitar

- Invertir demasiado tiempo en perfeccionar el prototipo
- Evaluar sin métricas claras
- Realizar pocas pruebas antes de tomar decisiones
- No documentar resultados
- Confundir un prototipo funcional con un diseño final

## EVALUACIÓN Y CONGELAMIENTO DE DISEÑO

Una vez concluidas las pruebas de prototipado, el equipo debe llevar a cabo un proceso formal de evaluación para determinar qué conceptos serán adoptados en el diseño final del robot.

El objetivo de esta etapa es seleccionar, con base en evidencia objetiva y criterios técnicos, las soluciones más viables, asegurando que el diseño que avance a la fase de modelado CAD esté validado, justificado y alineado con la estrategia definida.

El congelamiento de diseño representa un punto de control crítico en el proceso de ingeniería, ya que establece las bases definitivas del robot y reduce la probabilidad de retrabajo en etapas posteriores.

Proceso de evaluación

La evaluación debe realizarse de manera estructurada, considerando tanto el desempeño observado en prototipos como la viabilidad de implementación a nivel sistema.

1. Evaluación técnica de cada opción

Cada concepto desarrollado debe analizarse individualmente con base en los resultados obtenidos durante la fase de prototipado.

Se deben considerar los siguientes aspectos:

- Cumplimiento de la función requerida
- Desempeño medido (tiempo de ciclo, precisión, consistencia)
- Estabilidad en múltiples pruebas
- Complejidad mecánica
- Facilidad de control y operación
- Compatibilidad con otros subsistemas

Este análisis debe basarse en datos documentados, evitando decisiones subjetivas.

2. Comparación con métricas de desempeño

Los resultados obtenidos deben contrastarse con los objetivos definidos previamente en la fase estratégica.





Se recomienda evaluar cada concepto con base en:

- Rendimiento: grado en que cumple la tarea
- Eficiencia: relación entre desempeño y tiempo de ciclo
- Confiabilidad: consistencia en condiciones repetidas
- Robustez: comportamiento ante variaciones del entorno

Esta comparación permite identificar qué soluciones se acercan más a los requerimientos del robot.

### 3. Proceso de decisión Go / No-Go

La decisión final debe formalizarse mediante un proceso estructurado de Go / No-Go, liderado por el equipo técnico.

- GO (Aprobado):
  - El concepto cumple con los criterios establecidos y es viable para su implementación.
- NO-GO (Rechazado o sujeto a iteración):
  - El concepto no cumple con los requisitos o presenta riesgos significativos.

Cada decisión debe documentarse, incluyendo su justificación técnica.

### Criterio de éxito

Para que un concepto sea considerado viable, deberá alcanzar al menos:

- **75% del rendimiento objetivo definido**

Adicionalmente, se debe evaluar:

- Consistencia del desempeño
- Potencial de mejora
- Impacto en el sistema completo del robot

Este criterio asegura que el mecanismo tiene una base funcional sólida antes de avanzar.

### Resultados posibles

#### GO (Diseño aprobado)

Cuando un concepto cumple con los criterios:

- Se **congela el diseño conceptual** del mecanismo
- Se integra formalmente en el Documento de Requisitos del Robot (DRR)
- Se convierte en base obligatoria para el modelado CAD

A partir de este punto, cualquier modificación deberá seguir un proceso formal de aprobación.





### NO-GO (Iteración o descarte)

Cuando un concepto no cumple con los criterios:

- Se documentan las razones del rechazo
- Se identifican áreas de mejora
- Se determina si el concepto será iterado o descartado

En caso de iteración, el proceso puede regresar a fases anteriores para generar nuevas soluciones o refinar las existentes.

### Gestión de riesgos

Durante esta etapa, se deben identificar riesgos asociados a los conceptos aprobados, tales como:

- Complejidad de fabricación
- Limitaciones de espacio o peso
- Dependencias críticas con otros subsistemas
- Posibles fallos en condiciones de competencia

La identificación temprana de estos riesgos permite mitigarlos antes de avanzar.

### Entregables

Al finalizar esta fase, el equipo debe contar con:

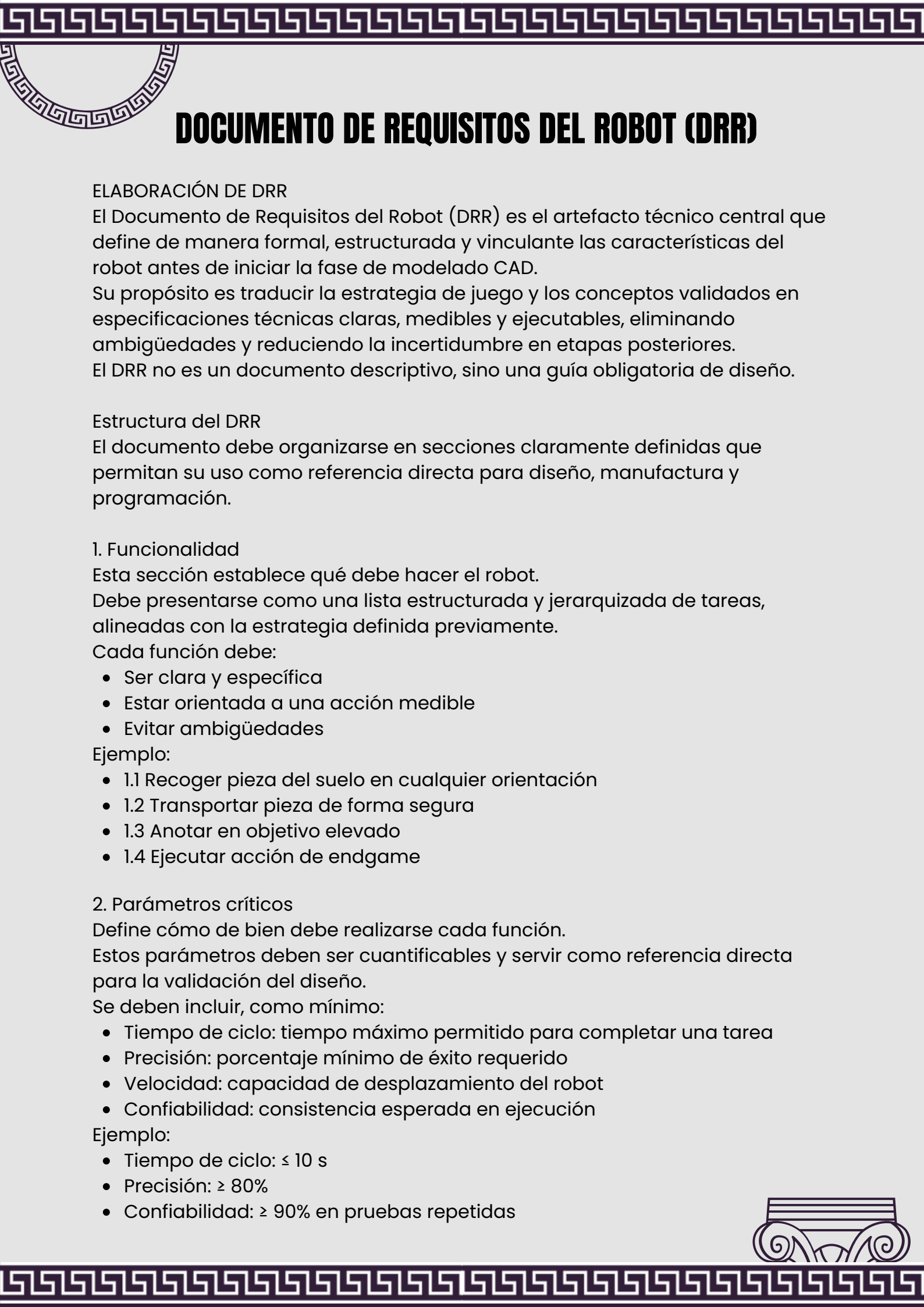
- Lista de conceptos seleccionados
- Mecanismos aprobados para el diseño final del robot.
- Registro de decisiones Go / No-Go
- Documento con la evaluación y justificación de cada concepto.
- Lecciones aprendidas documentadas
- Registro de hallazgos relevantes, errores y recomendaciones para futuras iteraciones.

### Criterio de cierre de fase

Esta etapa se considera completada cuando:

- Todos los subsistemas clave tienen un concepto aprobado
- Las decisiones están documentadas y justificadas
- Existe claridad total sobre qué se va a diseñar en CAD





# DOCUMENTO DE REQUISITOS DEL ROBOT (DRR)

## ELABORACIÓN DE DRR

El Documento de Requisitos del Robot (DRR) es el artefacto técnico central que define de manera formal, estructurada y vinculante las características del robot antes de iniciar la fase de modelado CAD.

Su propósito es traducir la estrategia de juego y los conceptos validados en especificaciones técnicas claras, medibles y ejecutables, eliminando ambigüedades y reduciendo la incertidumbre en etapas posteriores.

El DRR no es un documento descriptivo, sino una guía obligatoria de diseño.

## Estructura del DRR

El documento debe organizarse en secciones claramente definidas que permitan su uso como referencia directa para diseño, manufactura y programación.

### 1. Funcionalidad

Esta sección establece qué debe hacer el robot.

Debe presentarse como una lista estructurada y jerarquizada de tareas, alineadas con la estrategia definida previamente.

Cada función debe:

- Ser clara y específica
- Estar orientada a una acción medible
- Evitar ambigüedades

Ejemplo:

- 1.1 Recoger pieza del suelo en cualquier orientación
- 1.2 Transportar pieza de forma segura
- 1.3 Anotar en objetivo elevado
- 1.4 Ejecutar acción de endgame

### 2. Parámetros críticos

Define cómo de bien debe realizarse cada función.

Estos parámetros deben ser cuantificables y servir como referencia directa para la validación del diseño.

Se deben incluir, como mínimo:

- Tiempo de ciclo: tiempo máximo permitido para completar una tarea
- Precisión: porcentaje mínimo de éxito requerido
- Velocidad: capacidad de desplazamiento del robot
- Confiabilidad: consistencia esperada en ejecución

Ejemplo:

- Tiempo de ciclo:  $\leq 10$  s
- Precisión:  $\geq 80\%$
- Confiabilidad:  $\geq 90\%$  en pruebas repetidas





### 3. Decisiones tecnológicas

Define las elecciones técnicas que condicionan el diseño del robot.

Estas decisiones deben tomarse en esta fase para evitar inconsistencias durante el desarrollo.

Incluye:

- Tipo de drivetrain (tank, swerve, mecanum)
- Familia de motores (ej. NEO, Falcon; evitar mezclas innecesarias)
- Sistema de control (roboRIO, Control Hub, etc.)
- Arquitectura general de subsistemas

Estas decisiones deben ser coherentes con la estrategia y las capacidades del equipo.

### 4. Restricciones

Establece los límites dentro de los cuales debe desarrollarse el diseño.

Incluye:

- Dimensiones máximas (incluyendo extensiones si aplica)
- Peso objetivo (no solo el máximo permitido, sino un margen de seguridad)
- Limitaciones del reglamento
- Restricciones internas del equipo (herramientas, presupuesto, tiempo)

El diseño debe cumplir estrictamente con estas restricciones.

### 5. Interfaces entre subsistemas (Recomendado)

Define cómo interactúan los diferentes sistemas del robot entre sí.

Incluye:

- Conexiones mecánicas
- Transferencia de piezas entre mecanismos
- Requerimientos de espacio compartido

Esta sección reduce conflictos durante el modelado y ensamblaje.

### 6. Prioridades de diseño (Recomendado)

Establece el orden de importancia entre funciones en caso de conflictos.

Ejemplo:

1. Confiabilidad del intake
2. Velocidad de ciclo
3. Capacidad de endgame

Esto facilita la toma de decisiones cuando existen limitaciones de espacio, peso o tiempo.





### Regla fundamental

El DRR es un documento vinculante.

El equipo de diseño CAD:

- No puede desviarse del DRR
- Debe respetar todas las especificaciones establecidas

Cualquier modificación requiere:

- Justificación técnica documentada
- Evaluación del impacto en el sistema
- Aprobación formal por el equipo técnico

### Entregables

Al finalizar esta fase, el equipo debe contar con:

- DRR completo y estructurado
- Documento claro, preciso y sin ambigüedades
- Aprobación formal por líderes técnicos (ingeniería, diseño y estrategia)

## 4.2 REVISIÓN Y VALIDACIÓN DEL DRR

Antes de su liberación, el DRR debe someterse a un proceso formal de revisión para asegurar su calidad y consistencia.

### Proceso de revisión

La revisión debe involucrar a:

- Líder de ingeniería
- Líder de diseño
- Capitán de estrategia
- Mentor técnico (si aplica)

Cada participante debe validar que:

- El documento refleja correctamente la estrategia de juego
- Los parámetros definidos son alcanzables
- No existen contradicciones entre secciones
- Todas las funciones son técnicamente viables

### Criterios de validación

El DRR se considera válido cuando:

- Es completo (no faltan funciones clave)
- Es claro (no genera interpretaciones múltiples)
- Es medible (todos los parámetros son cuantificables)
- Es viable (puede construirse con los recursos disponibles)





Regla fundamental

El DRR es un documento vinculante.

El equipo de diseño CAD:

- No puede desviarse del DRR
- Debe respetar todas las especificaciones establecidas

Cualquier modificación requiere:

- Justificación técnica documentada
- Evaluación del impacto en el sistema
- Aprobación formal por el equipo técnico

Entregables

Al finalizar esta fase, el equipo debe contar con:

- DRR completo y estructurado
- Documento claro, preciso y sin ambigüedades
- Aprobación formal por líderes técnicos (ingeniería, diseño y estrategia)

## **4.2 REVISIÓN Y VALIDACIÓN DEL DRR**

Antes de su liberación, el DRR debe someterse a un proceso formal de revisión para asegurar su calidad y consistencia.

### **Proceso de revisión**

La revisión debe involucrar a:

- Líder de ingeniería
- Líder de diseño
- Capitán de estrategia
- Mentor técnico (si aplica)

Cada participante debe validar que:

- El documento refleja correctamente la estrategia de juego
- Los parámetros definidos son alcanzables
- No existen contradicciones entre secciones
- Todas las funciones son técnicamente viables

### **Criterios de validación**

El DRR se considera válido cuando:

- Es completo (no faltan funciones clave)
- Es claro (no genera interpretaciones múltiples)
- Es medible (todos los parámetros son cuantificables)
- Es viable (puede construirse con los recursos disponibles)

### **Resultado**

- Documento aprobado para uso en diseño
- Registro de revisión con observaciones y correcciones





# TRANSICIÓN A MODELADO CAD

El cierre del DRR marca el inicio formal de la fase de diseño detallado.

Entrega al equipo de CAD

El DRR debe entregarse de manera oficial al equipo de modelado, acompañado de:

- Explicación de funciones del robot
- Parámetros críticos
- Restricciones clave
- Prioridades de diseño

Regla de transición

A partir de este punto:

- El diseño CAD debe seguir estrictamente el DRR
- No se permiten cambios informales
- Cualquier desviación requiere regresar a evaluación técnica

Control de cambios

Si durante el desarrollo surge la necesidad de modificar el DRR:

1. Se documenta la propuesta de cambio
2. Se analiza el impacto en el sistema
3. Se realiza una evaluación técnica (tipo Go/No-Go)
4. Se aprueba o rechaza formalmente

Criterio de éxito de la fase

La transición se considera exitosa cuando:

- El equipo de CAD tiene claridad total sobre qué diseñar
- No existen dudas sobre funciones o restricciones
- El proceso puede continuar sin reinterpretaciones





# DOCUMENTACIÓN

Con el fin de garantizar consistencia, trazabilidad y claridad en la información generada durante el proceso, es obligatorio el uso de plantillas estandarizadas para la documentación de cada etapa.

El uso de formatos homogéneos permite:

- Facilitar la comprensión entre miembros del equipo
- Reducir ambigüedades en la información
- Acelerar la revisión y validación de contenido
- Mantener un historial claro de decisiones

Las plantillas deben ser diseñadas de forma que guíen al usuario a registrar la información relevante de manera estructurada y completa.

## Plantillas requeridas

Se deberán utilizar, como mínimo, las siguientes plantillas:

- Resumen de reglas
- Documento sintético que concentre las restricciones clave, penalizaciones relevantes y oportunidades estratégicas identificadas durante el análisis del reglamento.
- Matriz de priorización
- Herramienta para evaluar y jerarquizar las tareas del juego en función de su valor estratégico, considerando variables como puntos, frecuencia y dificultad.
- Reporte de prototipos
- Formato destinado a registrar resultados de pruebas, métricas de desempeño, observaciones técnicas y evidencia visual de los mecanismos evaluados.
- Documento de Requisitos del Robot (DRR)
- Plantilla estructurada que define la funcionalidad, parámetros, restricciones y decisiones tecnológicas del robot.

## Estandarización y uso

Todas las plantillas deben:

- Estar disponibles en un repositorio central accesible para todo el equipo
- Utilizar una estructura uniforme
- Ser obligatorias para cada fase correspondiente
- Mantenerse actualizadas conforme avance el proceso

El uso de formatos no estandarizados o documentación incompleta compromete la calidad del proceso y dificulta la toma de decisiones.

- 





# CONTROL DE DOCUMENTOS

La documentación generada durante el proceso debe ser gestionada bajo principios básicos de control documental, con el objetivo de asegurar su integridad, actualización y trazabilidad.

## Elementos obligatorios

Cada documento deberá incluir, como mínimo, la siguiente información:

- Fecha de creación y última modificación
- Autor(es) y editor(es)
- Versión del documento
- Registro de cambios (changelog)

Este control permite identificar qué información es vigente y cómo ha evolucionado a lo largo del proceso.

## Gestión de versiones

Se recomienda utilizar un sistema de versionado claro, por ejemplo:

- v1.0 – Versión inicial
- v1.1 – Correcciones menores
- v2.0 – Cambios significativos

Toda modificación relevante debe registrarse en el historial de cambios, indicando:

- Qué se modificó
- Por qué se modificó
- Quién realizó el cambio

## Almacenamiento y acceso

La documentación debe almacenarse en un sistema centralizado (ej. Notion, Google Drive, repositorio interno), cumpliendo con:

- Acceso controlado según roles
- Organización por carpetas o categorías
- Nomenclatura clara y consistente

Esto asegura que la información sea fácilmente localizable y utilizable por todo el equipo.





# CIERRE DE FASE

El cierre de la Fase 1 no debe basarse en percepción, sino en el cumplimiento de criterios definidos que aseguren que el equipo está listo para avanzar a la siguiente etapa del proceso.

## Criterios de finalización

La fase se considera completada únicamente cuando se cumplen todos los siguientes puntos:

- Comprensión completa del juego
- Todo el equipo posee una interpretación clara, alineada y sin contradicciones del reglamento.
- Estrategia definida y priorizada
- Existe una lista clara de tareas jerarquizadas y un núcleo estratégico bien establecido.
- Mecanismos validados
- Los conceptos principales han sido prototipados y evaluados con datos objetivos.
- DRR definido y aprobado
- El Documento de Requisitos del Robot está completo, validado y autorizado por los responsables técnicos.
- Documentación completa y organizada
- Toda la información generada durante la fase ha sido registrada, estructurada y almacenada correctamente.

## Validación final

El cierre debe ser validado por:

- Líder de ingeniería
- Líder de diseño
- Capitán de estrategia
- Mentor técnico (si aplica)

Una vez aprobado, el equipo queda autorizado para avanzar a la fase de modelado CAD.

## Importancia del cierre

Un cierre adecuado garantiza que:

- No existen decisiones pendientes o ambiguas
- El equipo tiene claridad total sobre el siguiente paso
- Se minimiza el retrabajo en etapas posteriores

