

**Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Escuela Superior de Tlahuelilpan**

**1er Congreso Nacional en Tecnologías de la
Información 2012**

21 al 23 de marzo de 2012

CONTROL BASADO EN LÓGICA DIFUSA

Jorge Samuel Benítez Read

Gustavo Quintana Carapia

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

Universidad Autónoma del Estado de México

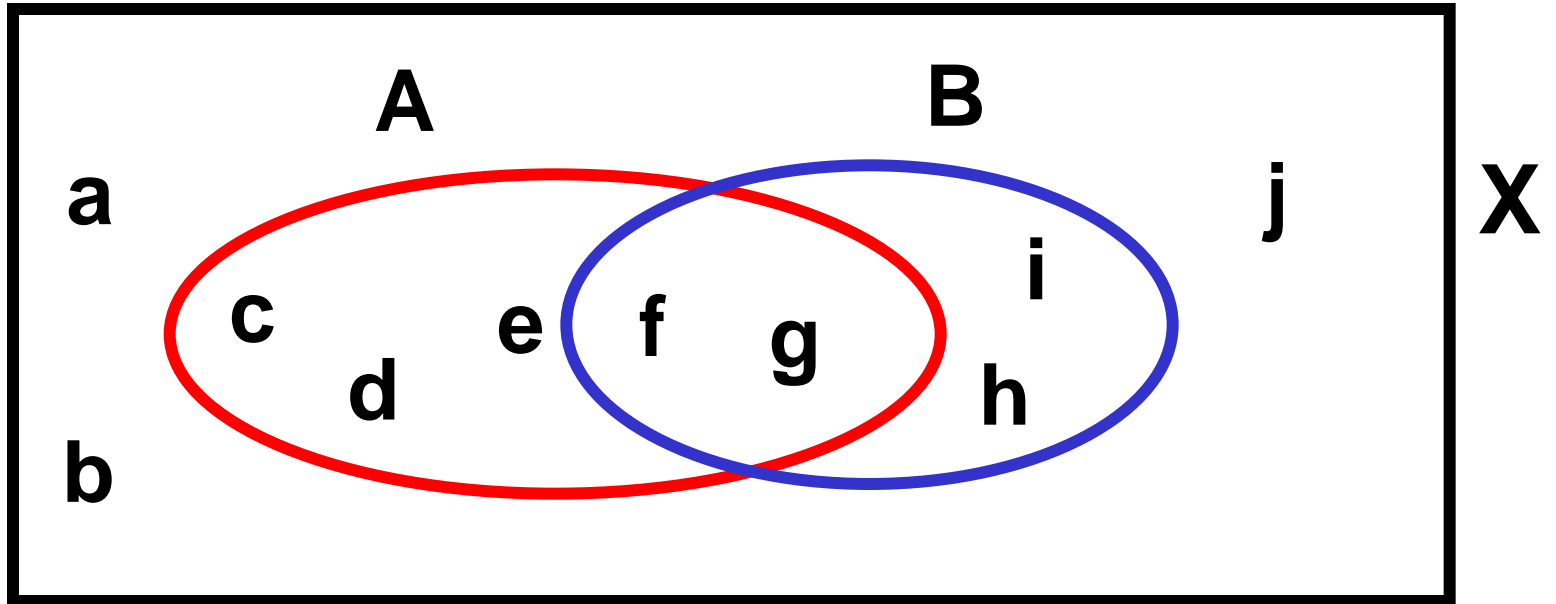
CONTENIDO

- 1. CONCEPTO DE CONJUNTOS CLÁSICOS.**
- 2. CONCEPTO DE CONJUNTOS DIFUSOS.**
- 3. LÓGICA DIFUSA.**
- 4. CONTROLADORES DIFUSOS.**
- 5. EJEMPLO.**

CONTENIDO

- 1. CONCEPTO DE CONJUNTOS CLÁSICOS.**
2. CONCEPTO DE CONJUNTOS DIFUSOS.
3. LÓGICA DIFUSA.
4. CONTROLADORES DIFUSOS.
5. EJEMPLO.

- **CONJUNTOS CLÁSICOS (EXACTOS, DUROS)**



a = 0 ° C

b = 10 ° C

c = 15 ° C

d = 18 ° C

e = 22 ° C

f = 25 ° C

g = 26 ° C

h = 30 ° C

i = 35 ° C

j = 40 ° C

A = Templadas

B = Calientes

Función característica de un conjunto:

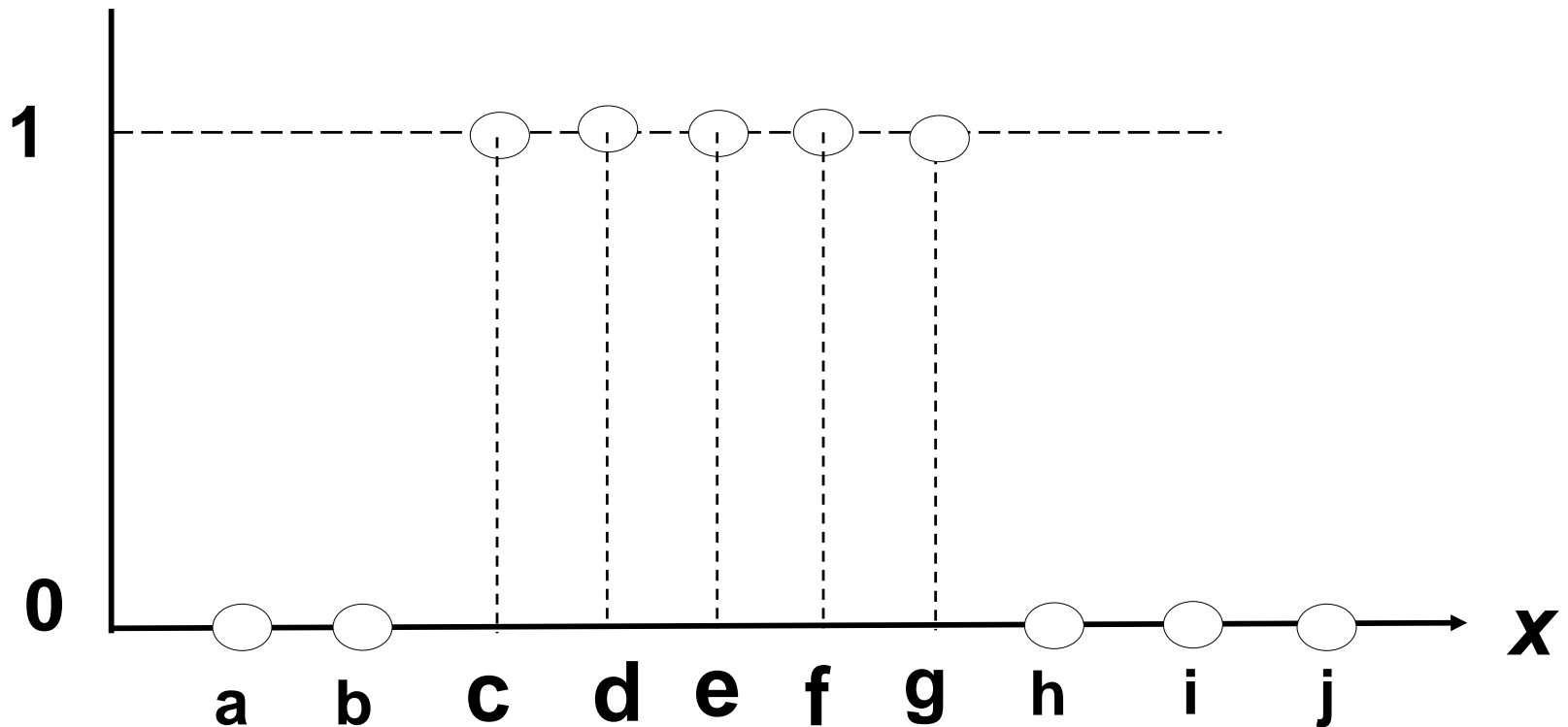
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } x \notin A \\ 1, & \text{si } x \in A \end{cases}$$

Si un elemento x del Universo pertenece al conjunto A , entonces la función μ que caracteriza al conjunto A toma el valor de 1 para ese elemento.

Si un elemento x del Universo no pertenece al conjunto A , entonces la función μ que caracteriza al conjunto A toma el valor de 0 para ese elemento.

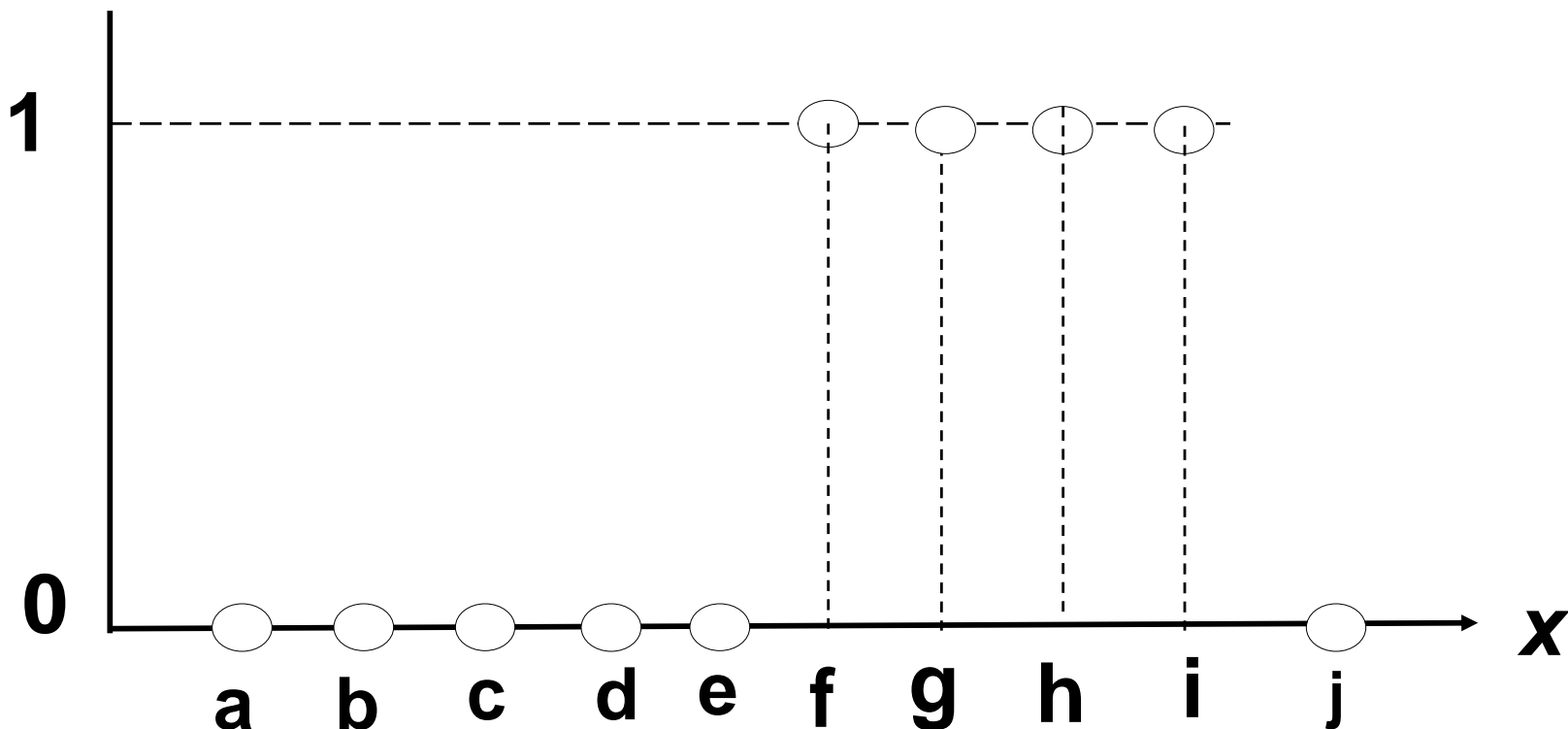
Función característica para el conjunto A (TEMPERATURAS TEMPLADAS) en forma gráfica:

$$\mu_A(x)$$



Función característica para el conjunto B (TEMPERATURAS CALIENTES) en forma gráfica:

$$\mu_B(x)$$



**HASTA AQUÍ HEMOS REPASADO
BREVEMENTE EL CONCEPTO DE
LOS CONJUNTOS CLÁSICOS.**

**LA PREGUNTA QUE NOS
HACEMOS AHORA ES:**

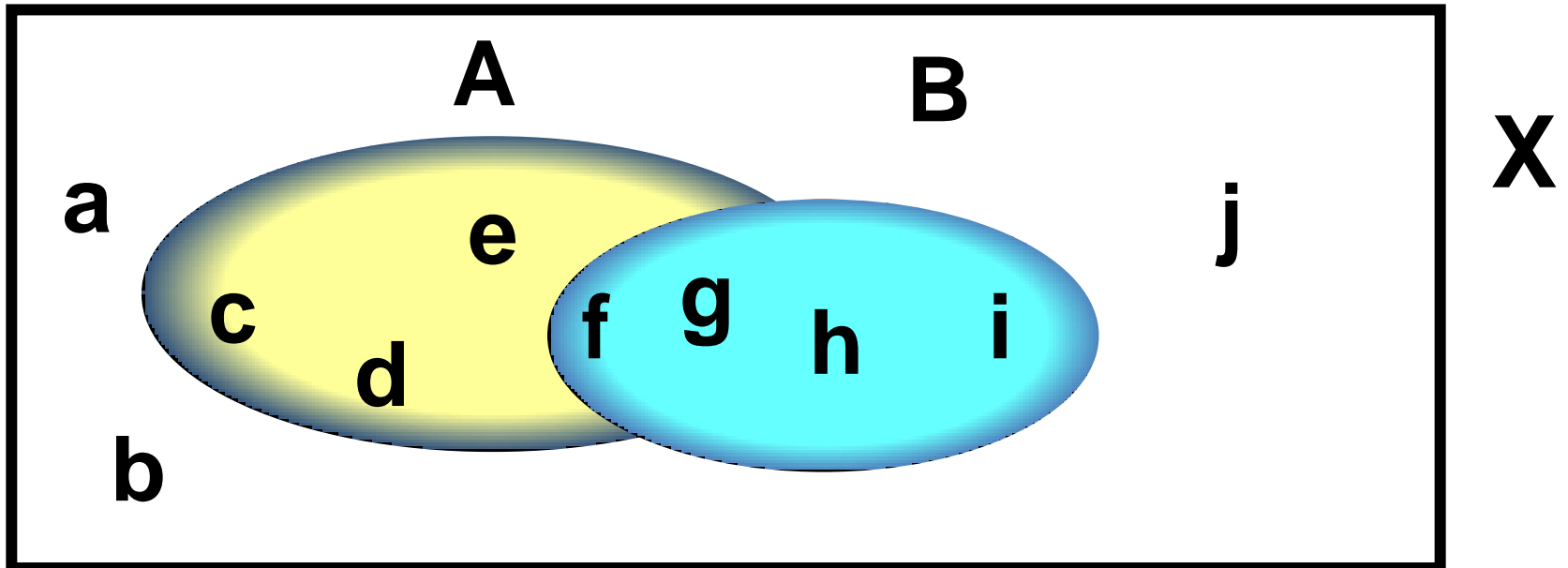
**¿QUÉ SON LOS CONJUNTOS
DIFUSOS Y EN QUÉ SE USAN ?**

CONTENIDO

1. CONCEPTO DE CONJUNTOS CLÁSICOS.
- 2. CONCEPTO DE CONJUNTOS DIFUSOS.**
3. LÓGICA DIFUSA.
4. CONTROLADORES DIFUSOS.
5. EJEMPLO.

CONJUNTOS DIFUSOS

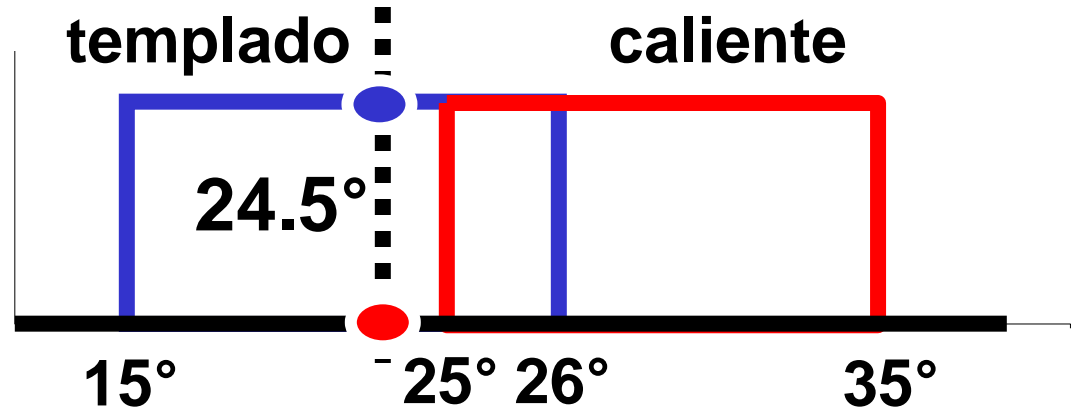
- Lotfi Zadeh (1965).
- Situaciones donde los elementos del conjunto universal pertenecen a algún conjunto en forma parcial (grados de pertenencia).
- Algunos elementos pueden pertenecer más que otros.



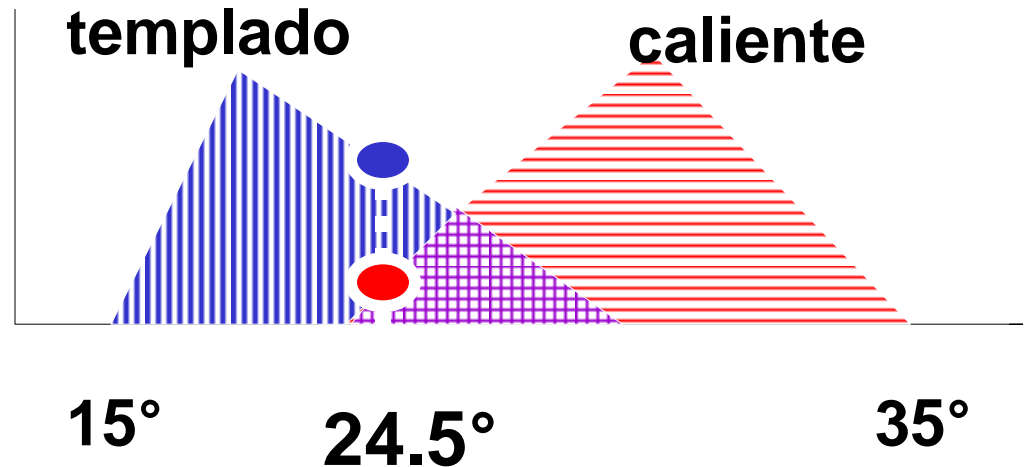
CONJUNTOS

$T = 24.5^{\circ}\text{C}$ ¿Es templada o caliente?

Clásicos:



Difusos:



CONTENIDO

1. CONCEPTO DE CONJUNTOS CLÁSICOS.
2. CONCEPTO DE CONJUNTOS DIFUSOS.
- 3. LÓGICA DIFUSA.**
4. CONTROLADORES DIFUSOS.
5. EJEMPLO.

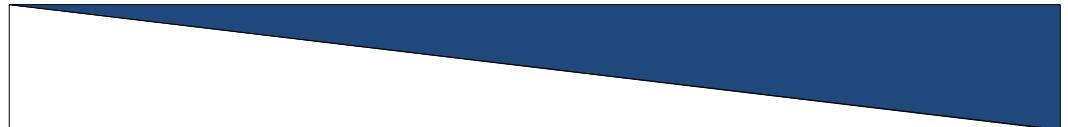
LÓGICA DIFUSA

Proposiciones parcialmente verdaderas y parcialmente falsas al mismo tiempo.

LÓGICA BOOLEANA



LÓGICA DIFUSA



LÓGICA DIFUSA

Realizar inferencias difusas a proposiciones e implicaciones difusas.

SI

“la velocidad es *normal*”

ENTONCES

“la fuerza de frenado debe ser *moderada*”

CONTENIDO

1. CONCEPTO DE CONJUNTOS CLÁSICOS.
2. CONCEPTO DE CONJUNTOS DIFUSOS.
3. LÓGICA DIFUSA.
- 4. CONTROLADORES DIFUSOS**
5. EJEMPLO.

CONTROLADORES DIFUSOS

¿Qué son?

Sistemas basados en conocimiento.

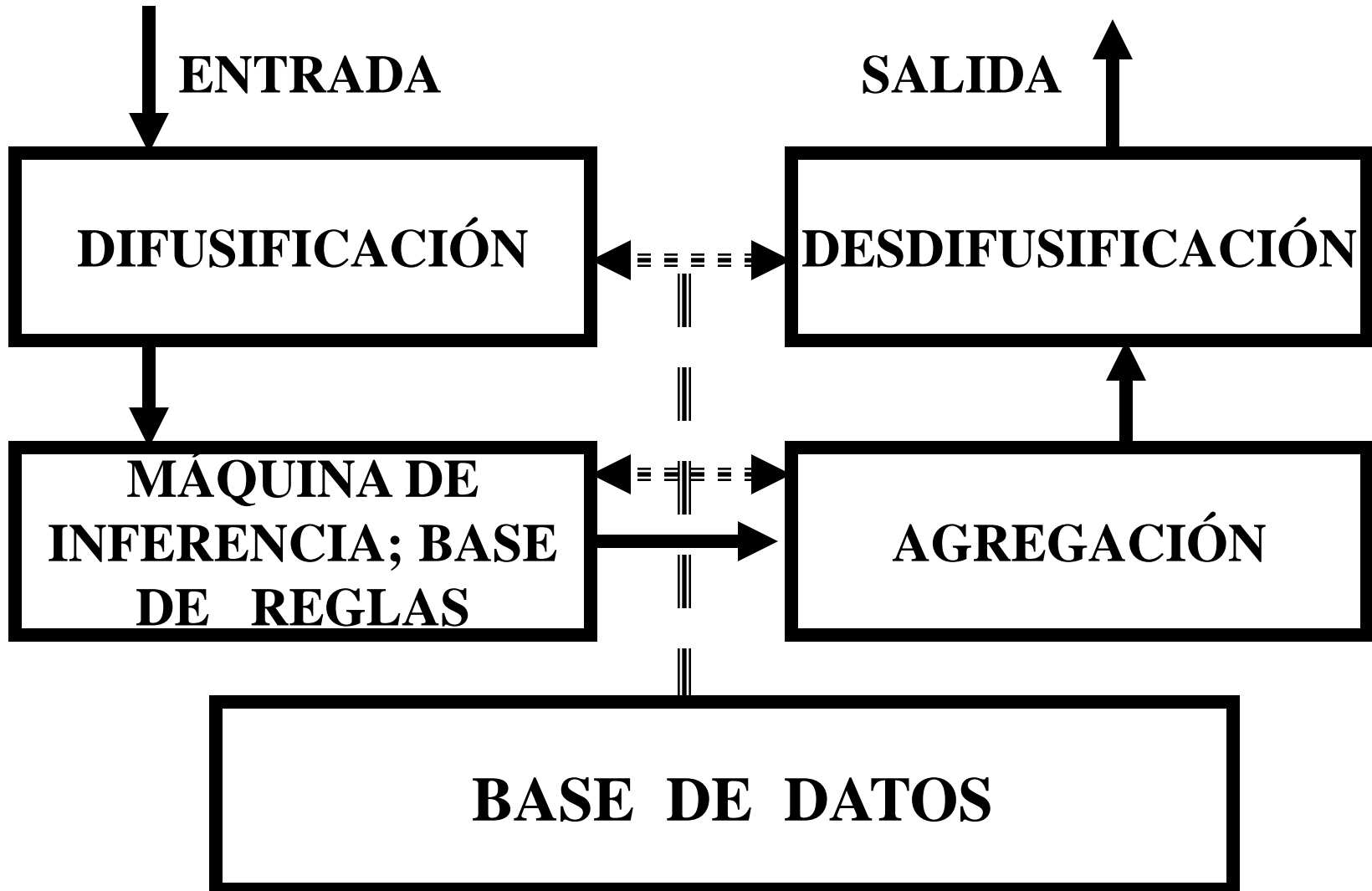
Objetivo:

Control en lazo cerrado de un proceso dinámico.

Tratamiento del conocimiento:

Con lógica difusa y la teoría de conjuntos difusos.

ESTRUCTURA DE CONTROLADORES DIFUSOS



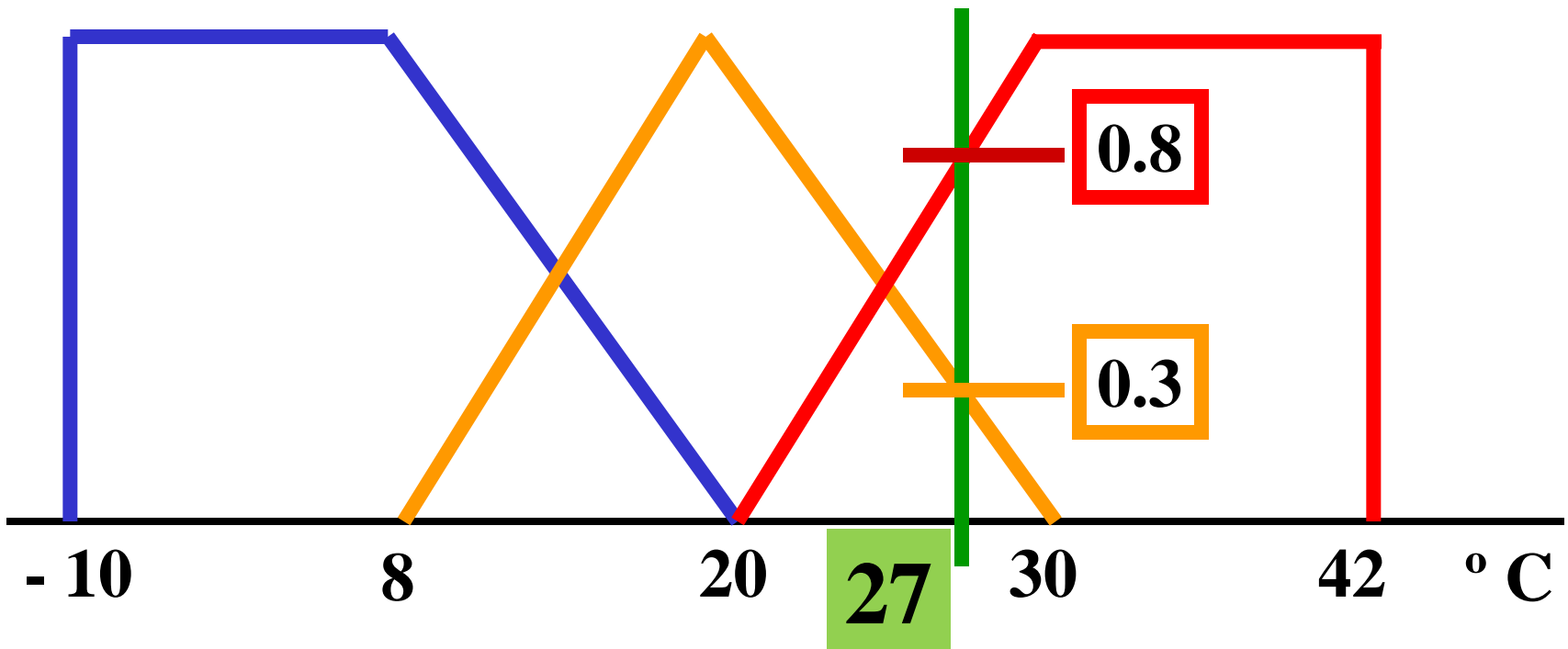
DIFUSIFICACIÓN

Funciones de Membresía para la Temperatura

FRÍA

TEMPLADA

CALIENTE



MÁQUINA DE INFERENCIA EJEMPLO

CONDICIÓN DE
LA TIERRA



TEMPERATURA

EVALUACIÓN
DE REGLAS
(MOTOR DE
INFERENCIA)



TIEMPO DE
RIEGO

BASE DE REGLAS

SI k-ésimo Antecedente 1 Y k-ésimo Antecedente 2, ENTONCES k-ésimo Consecuente.

SI la Temperatura está Caliente Y la Tierra está seca, ENTONCES el Tiempo de Riego debe ser largo.

SI la Temperatura está Fría Y la Tierra está húmeda, ENTONCES el Tiempo de Riego debe ser corto.

BASE DE REGLAS → MEMORIA ASOCIATIVA DIFUSA (FAM)

| | | TEMPERATURA | | |
|--------|--------|-------------|----------|----------|
| | | FRÍA | TEMPLADA | CALIENTE |
| TIERRA | SECA | NORMAL | LARGO | LARGO |
| | NORMAL | CORTO | NORMAL | LARGO |
| | HÚMEDA | CORTO | CORTO | NORMAL |

TIEMPO DE RIEGO

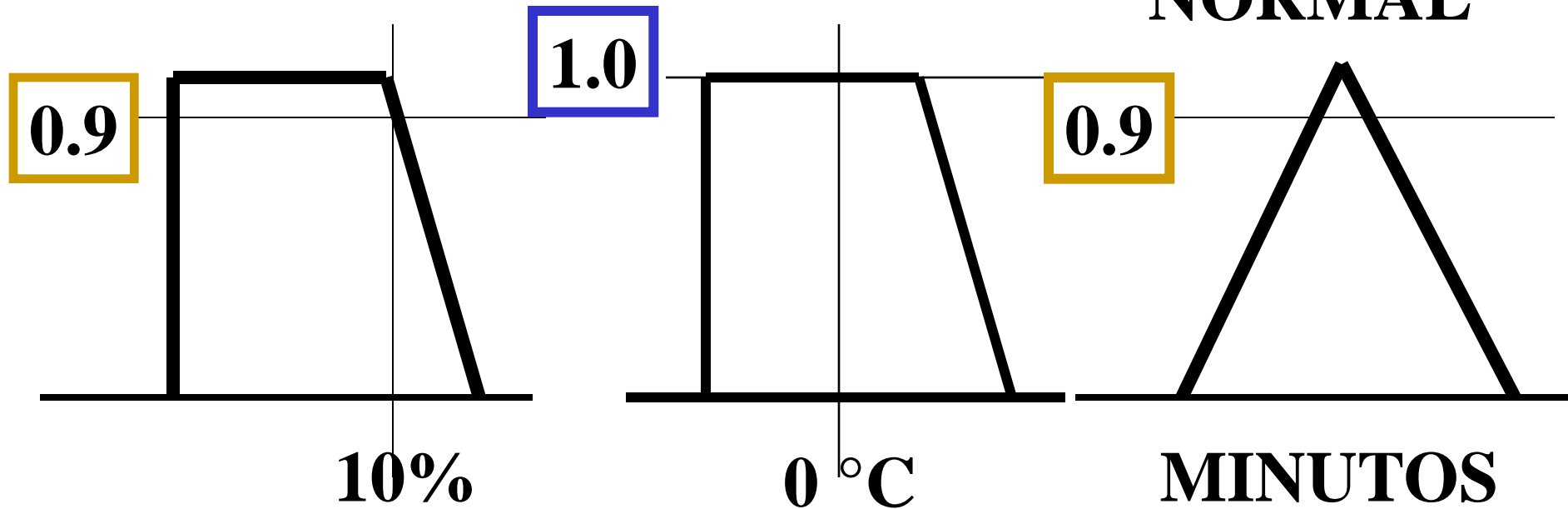
EVALUACIÓN DE REGLAS

Inferencia Máx-Mín Parte Mín

**TIERRA:
SECA**

**TEMP.:
FRÍA**

**TIEMPO
DE RIEGO:
NORMAL**



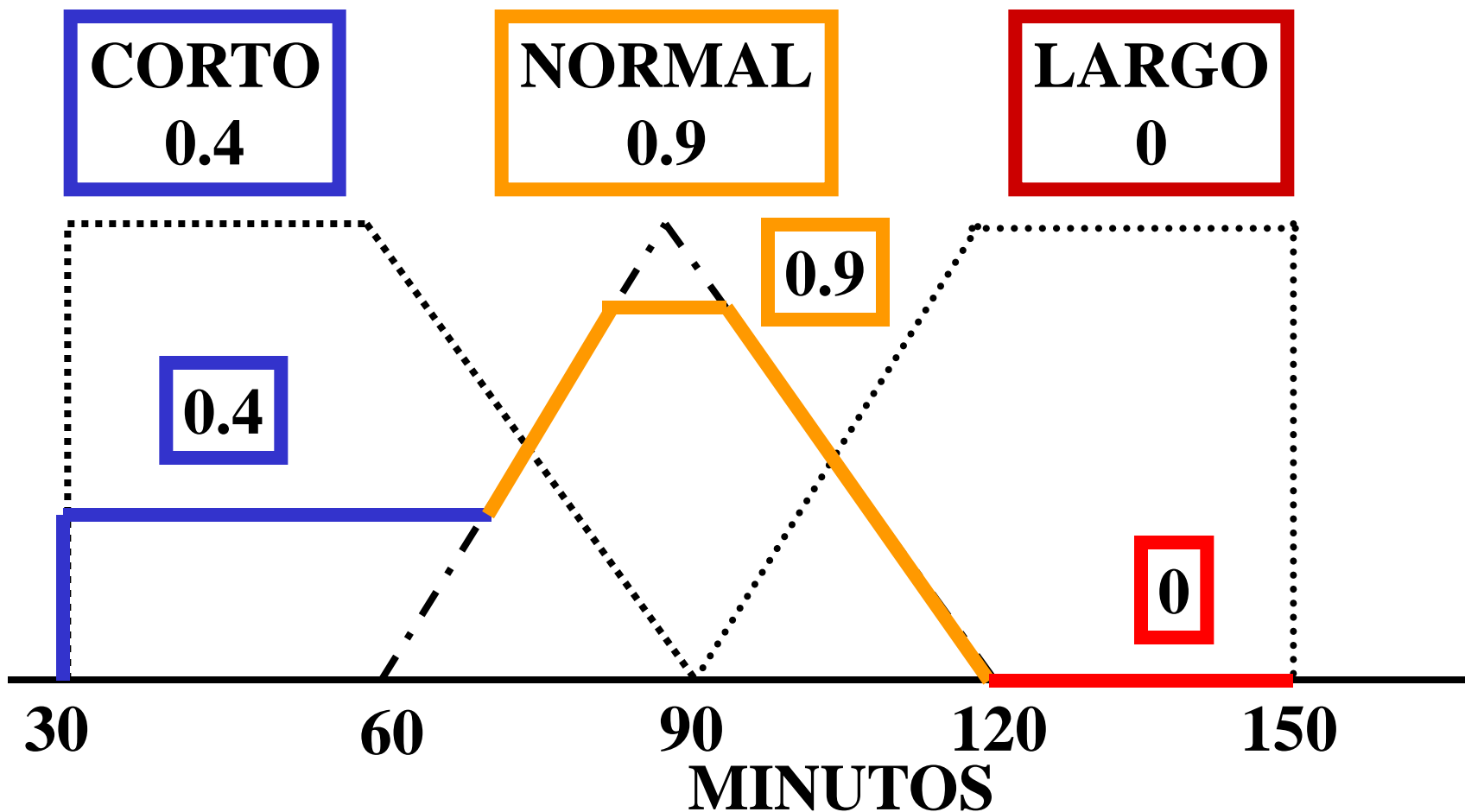
EJEMPLO.- SISTEMA DE RIEGO

| | | TEMPERATURA | | |
|--------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| | | FRÍA (1.0) | TEMPLADA (0.0) | CALIENTE (0.0) |
| TIERRA | SECA (0.9) | NORMAL (0.9) | LARGO (0.0) | LARGO (0.0) |
| | NORMAL (0.4) | CORTO (0.4) | NORMAL (0.0) | LARGO (0.0) |
| | HÚMEDA (0.0) | CORTO (0.0) | CORTO (0.0) | NORMAL (0.0) |

TIEMPO DE RIEGO

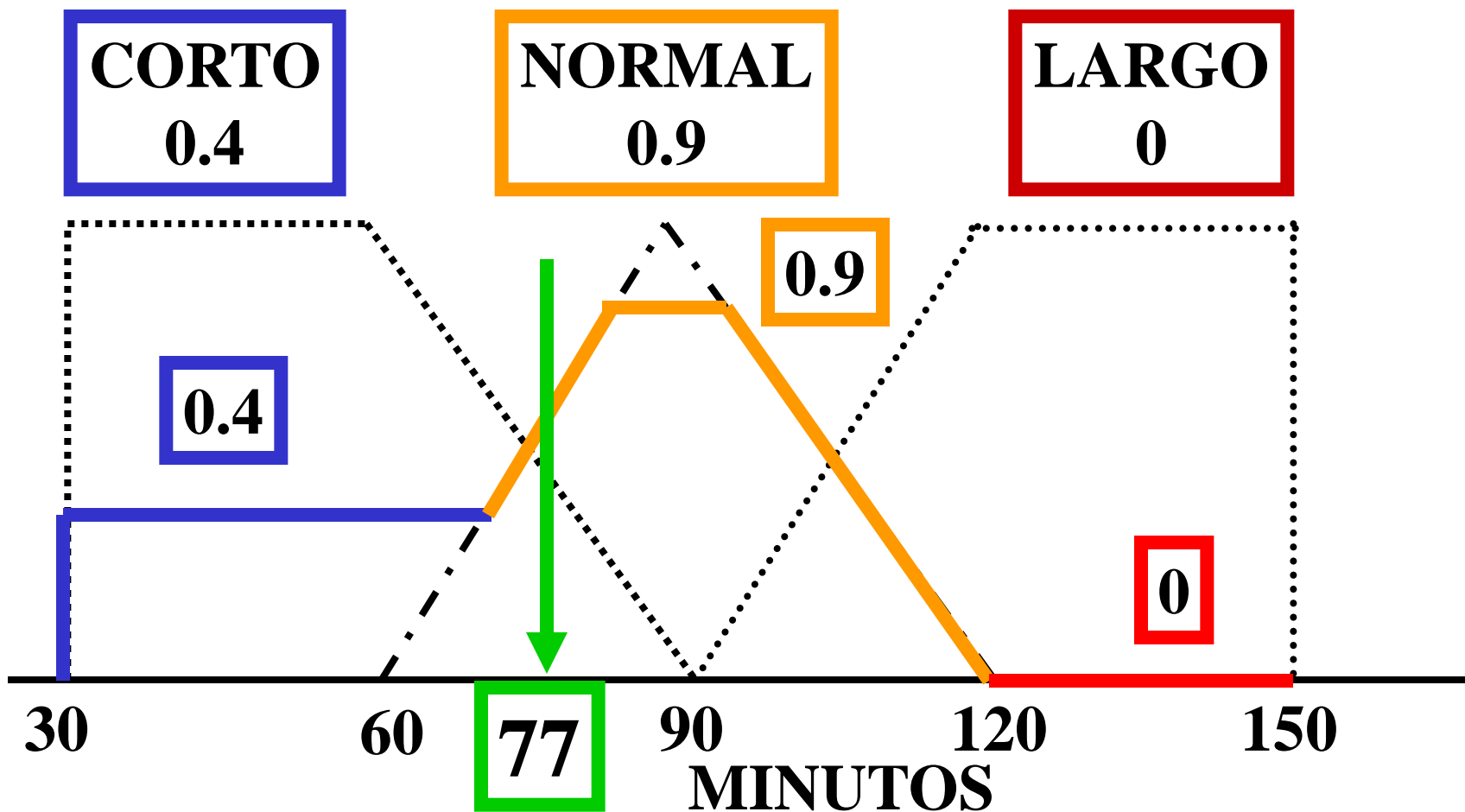
AGREGACIÓN DE LAS SALIDAS DIFUSAS

TIEMPO DE RIEGO



DESDIFUSIFICACIÓN

TIEMPO DE RIEGO



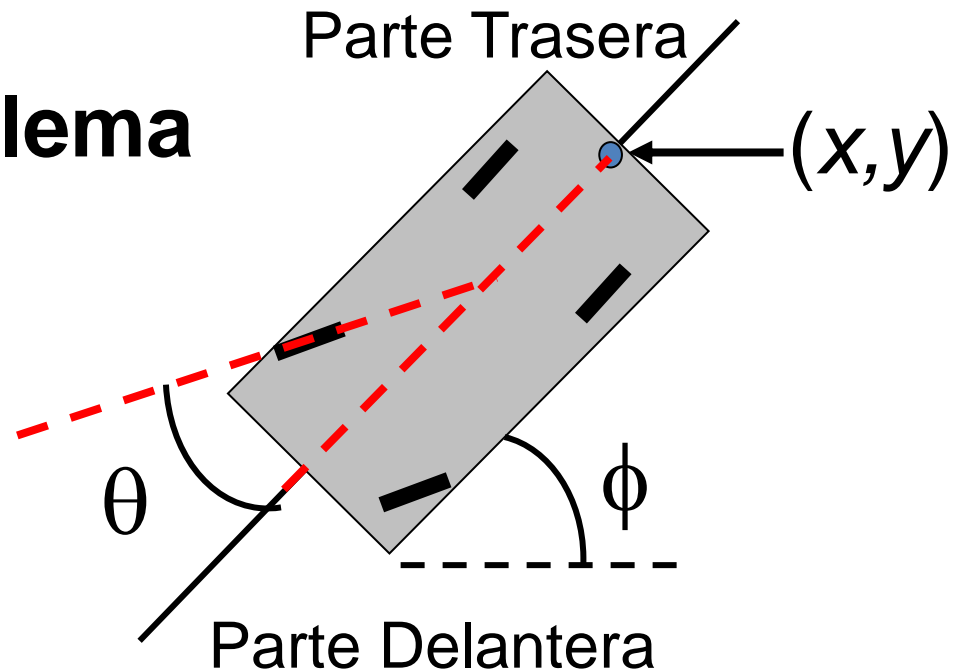
CONTENIDO

1. CONCEPTO DE CONJUNTOS CLÁSICOS.
2. CONCEPTO DE CONJUNTOS DIFUSOS.
3. LÓGICA DIFUSA.
4. CONTROLADORES DIFUSOS.
- 5. EJEMPLO.**

**DISEÑO DE UN
CONTROLADOR
DIFUSO
PARA UN CAMIÓN**

Definición del Problema

Manejarlo solo en reversa hasta posicionarlo sobre el eje «y» con ruedas traseras hacia el norte.



θ : Ángulo entre el eje de las ruedas delanteras y el eje del camión.

Rango de $-30^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$.

ϕ : Ángulo entre el eje x y el eje del camión.

Rango de $-90^\circ \leq \phi \leq 270^\circ$.

x : Coordenada en el eje x.

Rango de $0 \leq x \leq 100$.

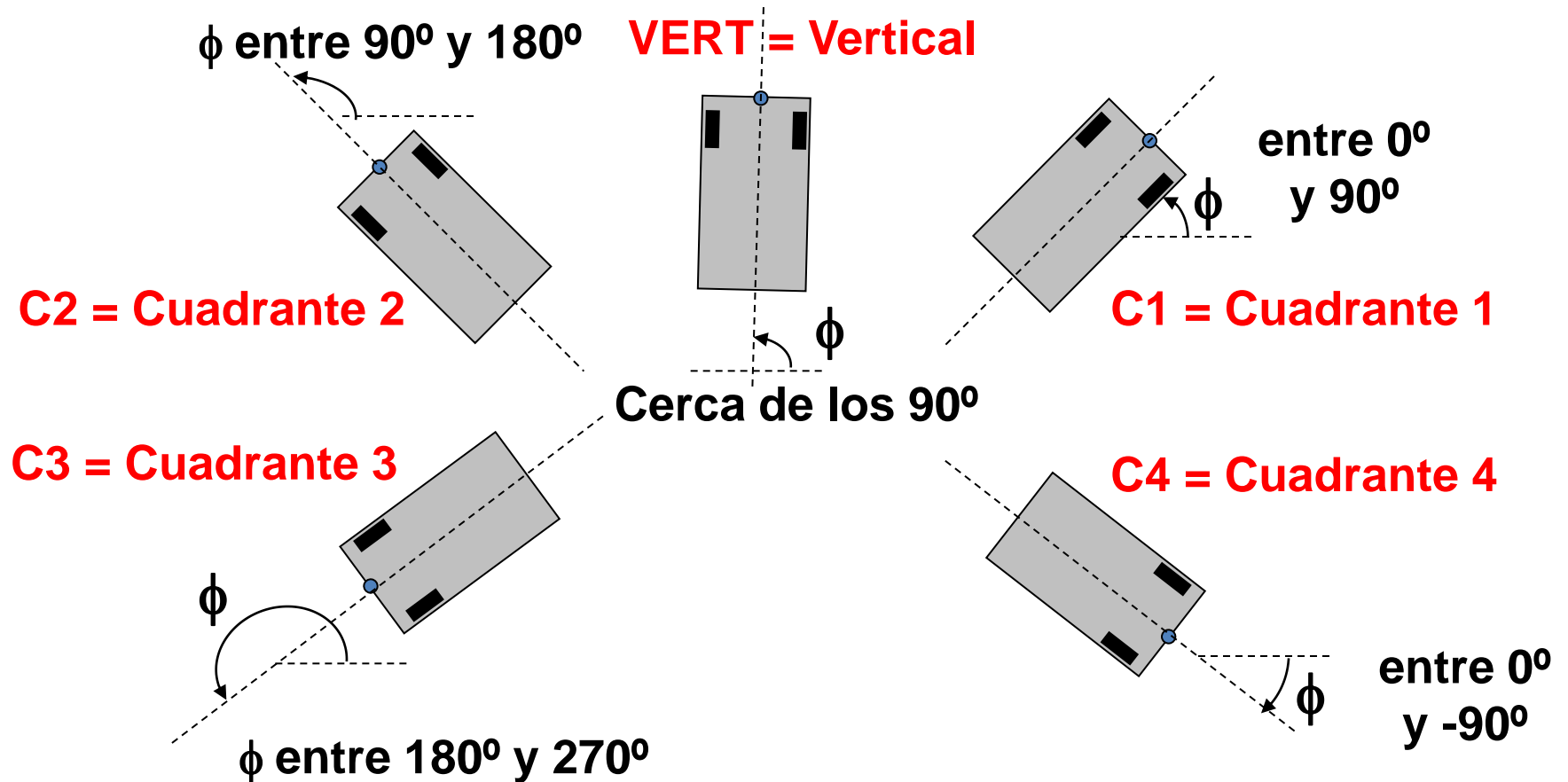
y : Coordenada en el eje y.

Los datos x_1 y ϕ_1 entran al sistema difuso

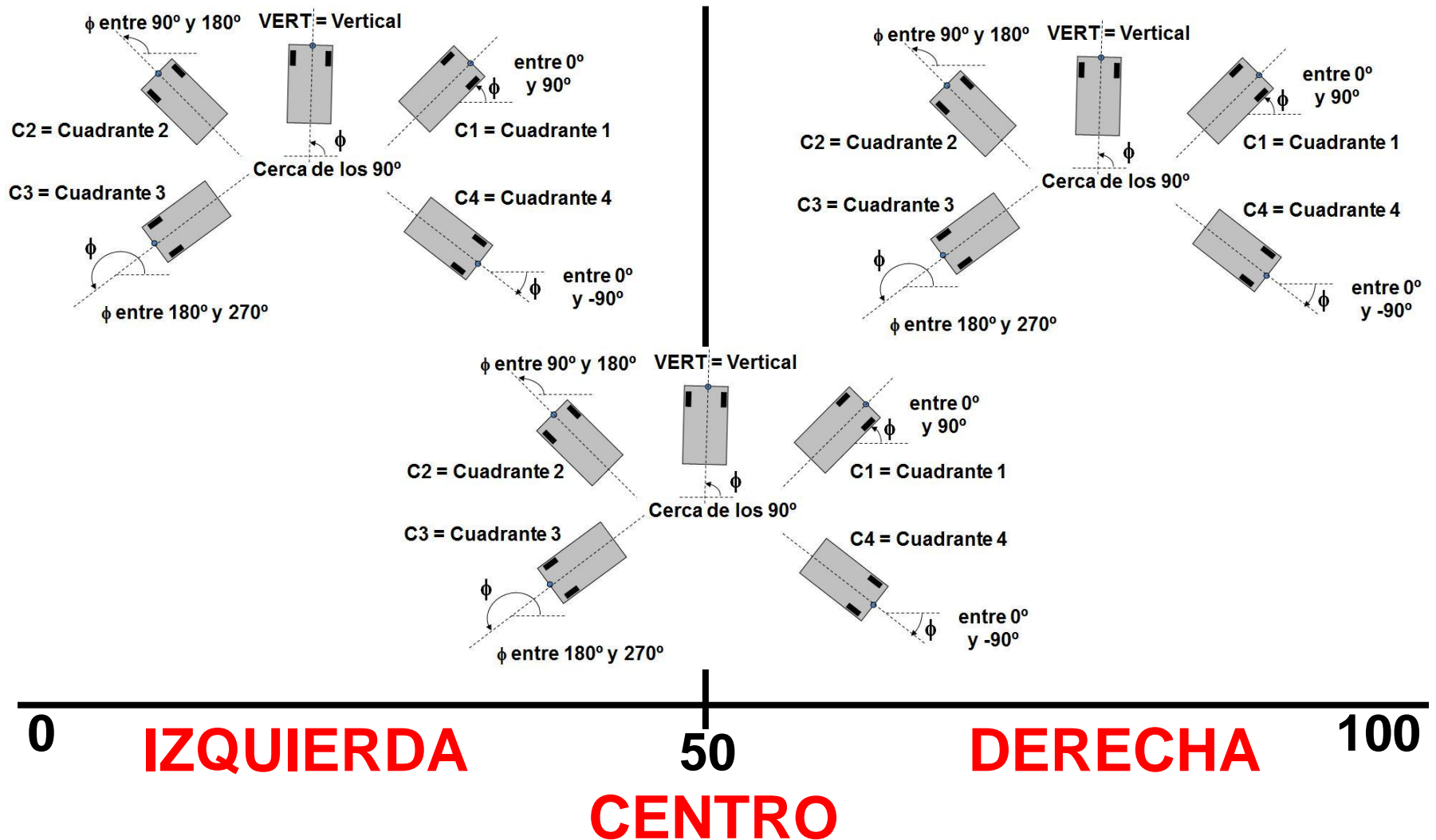


El sistema difuso entrega el nuevo valor de θ .

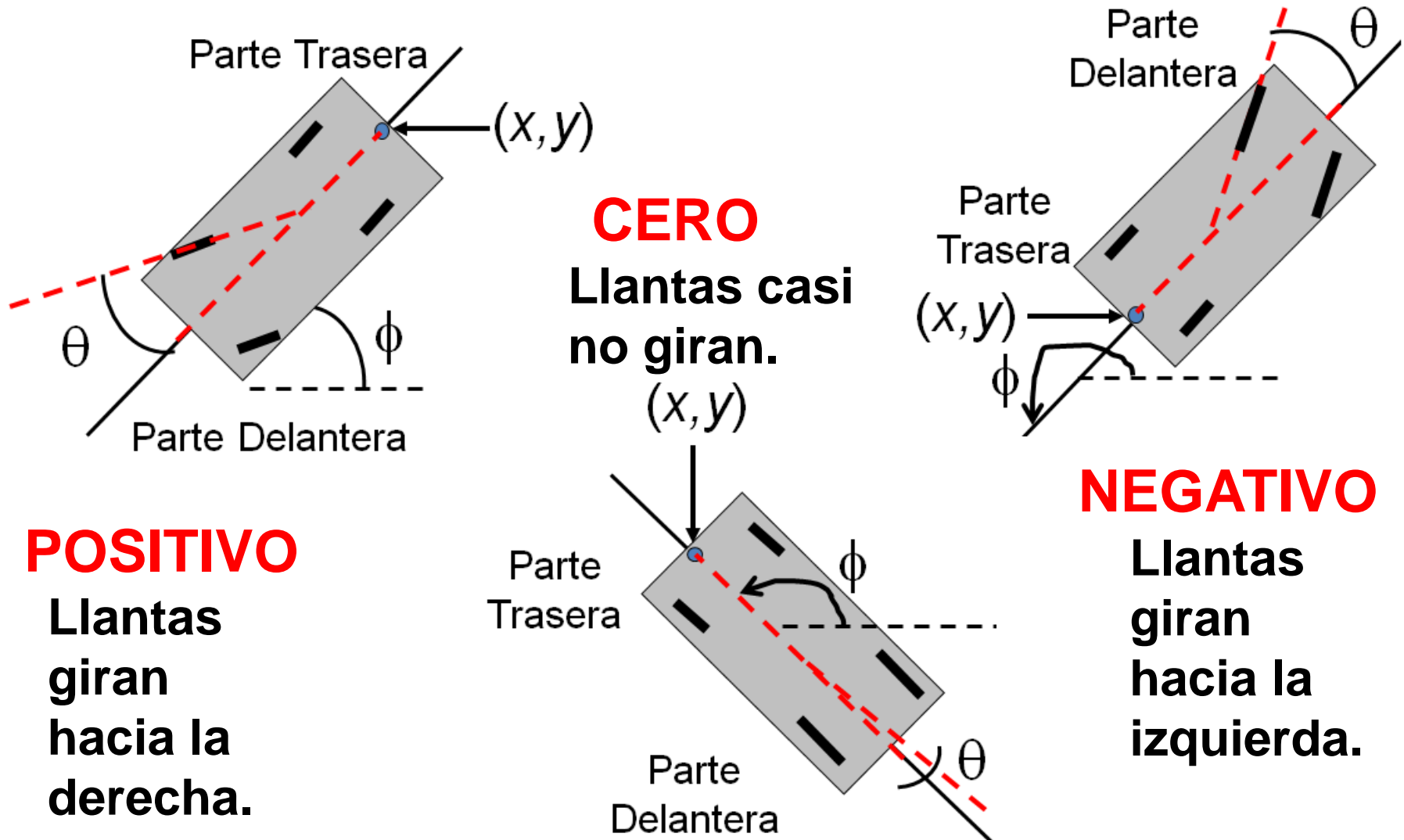
Definición de posiciones del camión de acuerdo a sus posibles orientaciones



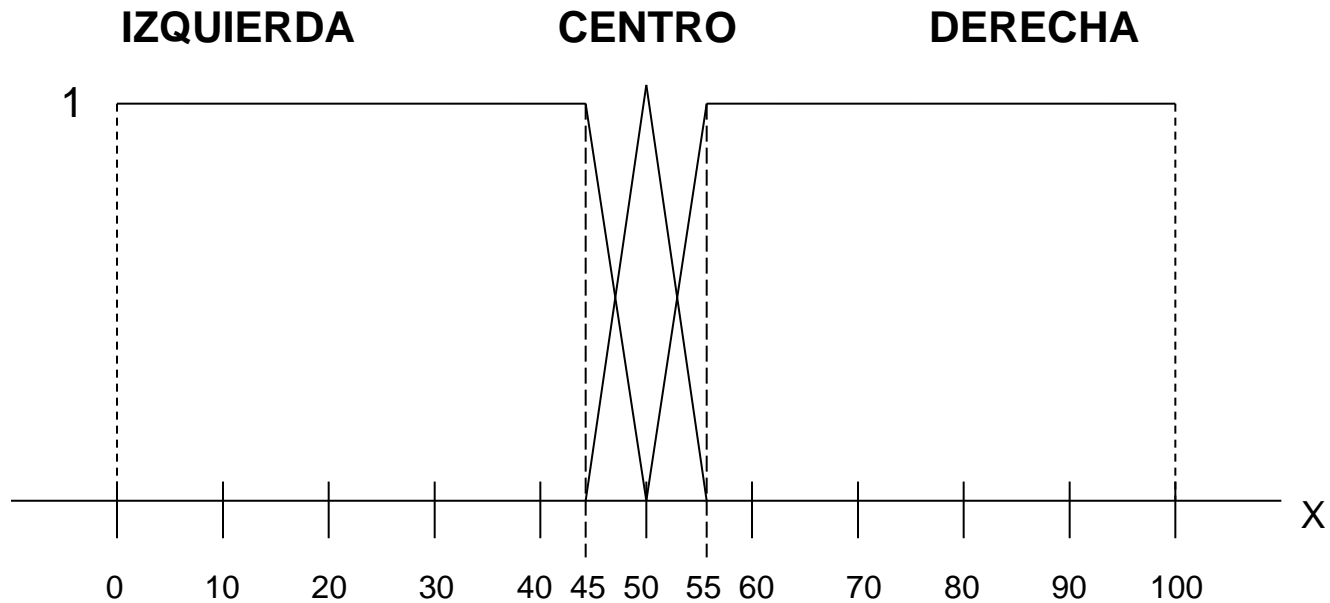
Definición de posiciones del camión de acuerdo a su coordenada sobre el eje «x»



Definición de posibles inclinaciones de las llantas delanteras: θ

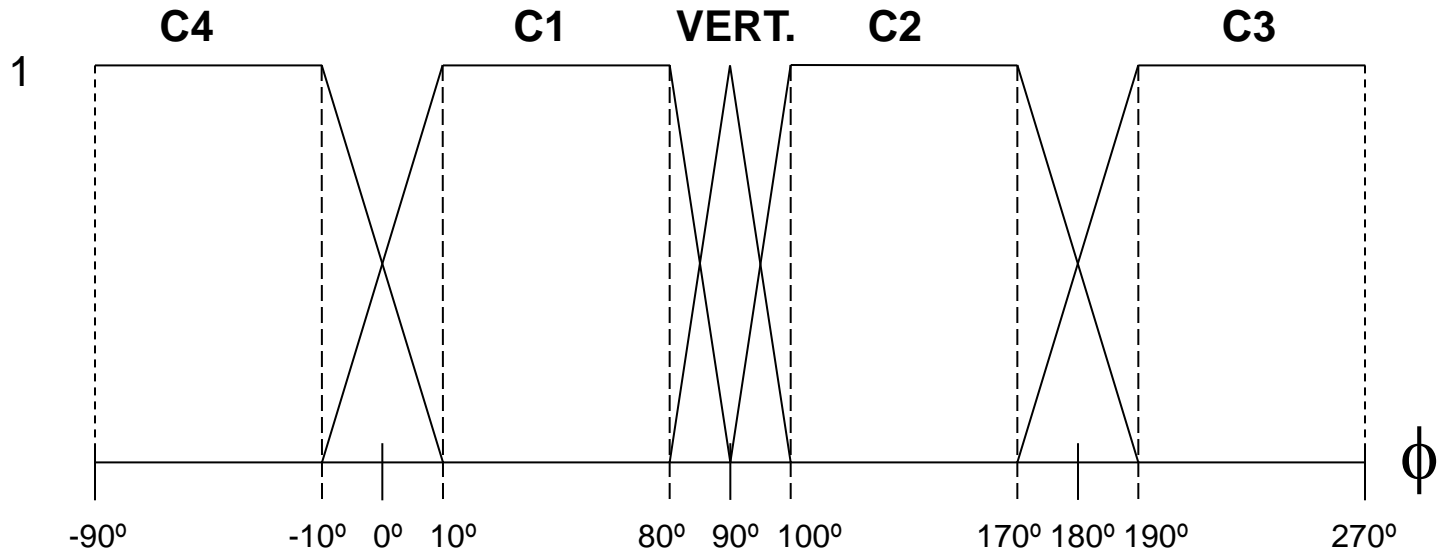


Conjuntos difusos de la variable x



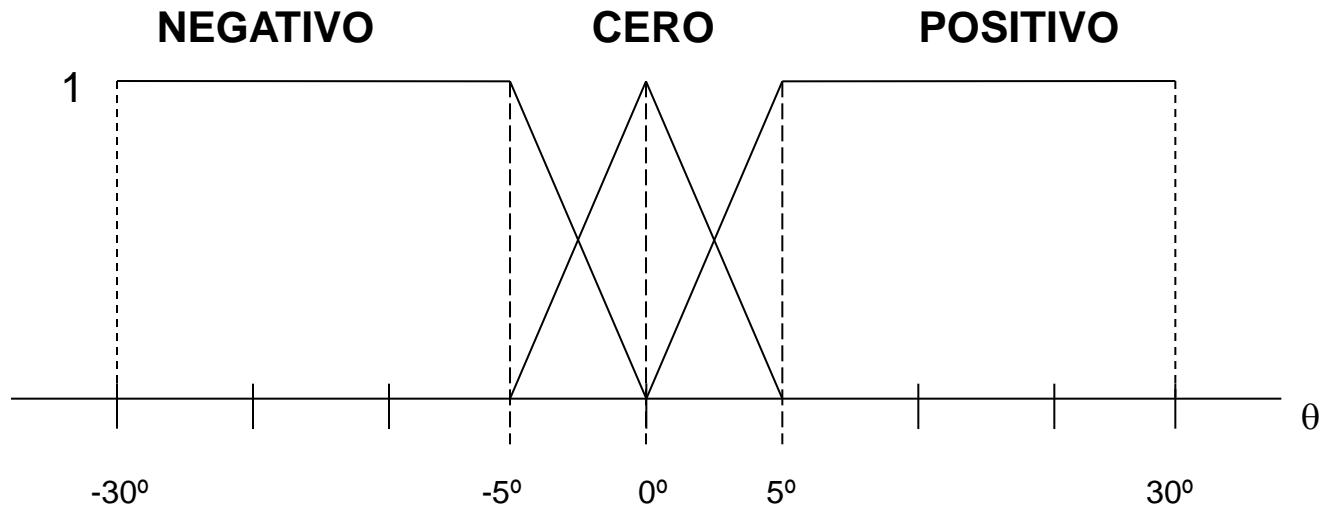
Variable de entrada x

Conjuntos difusos de la variable ϕ



Variable de entrada ϕ

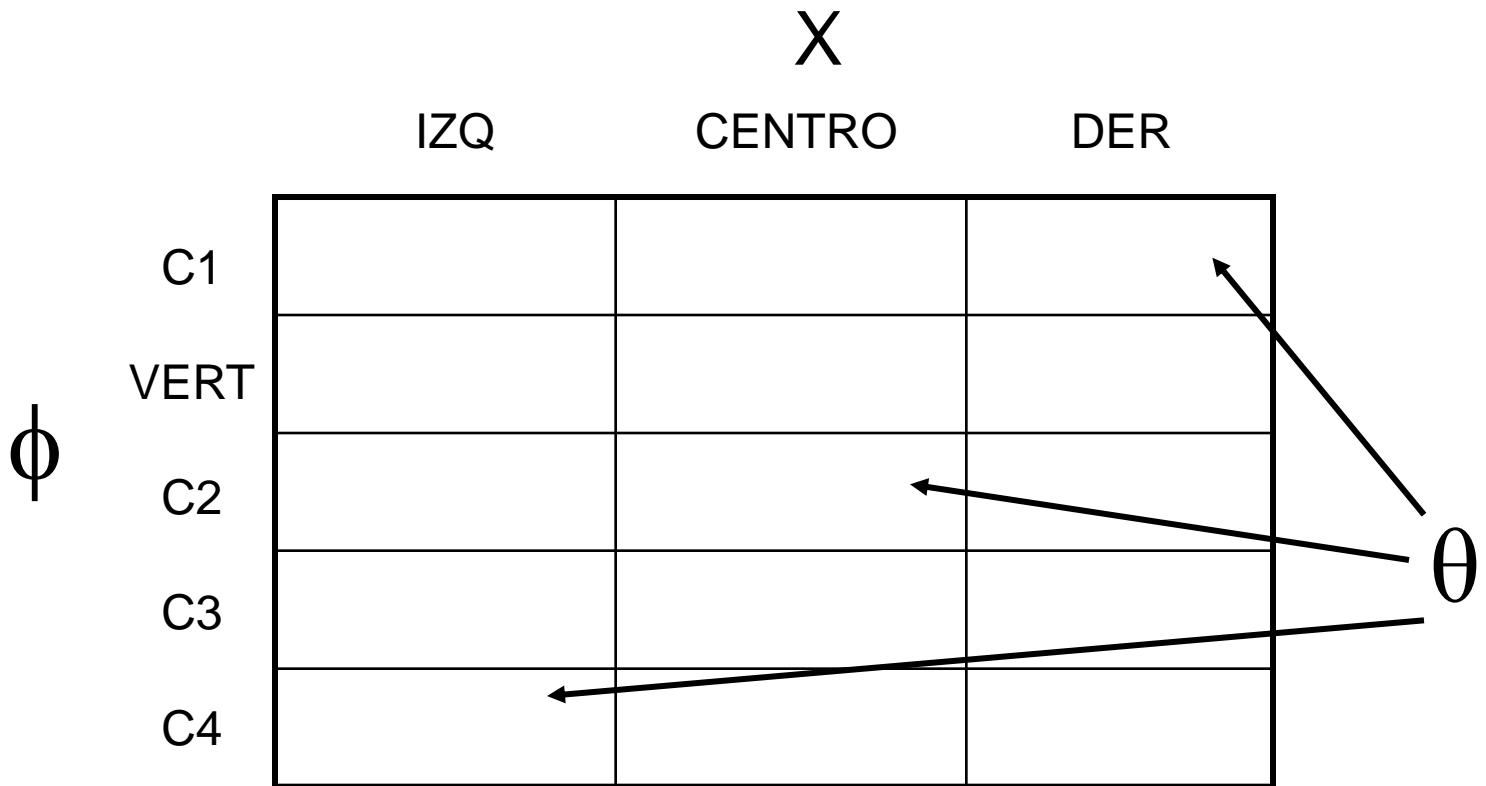
Conjuntos difusos de la variable θ



Variable de salida θ

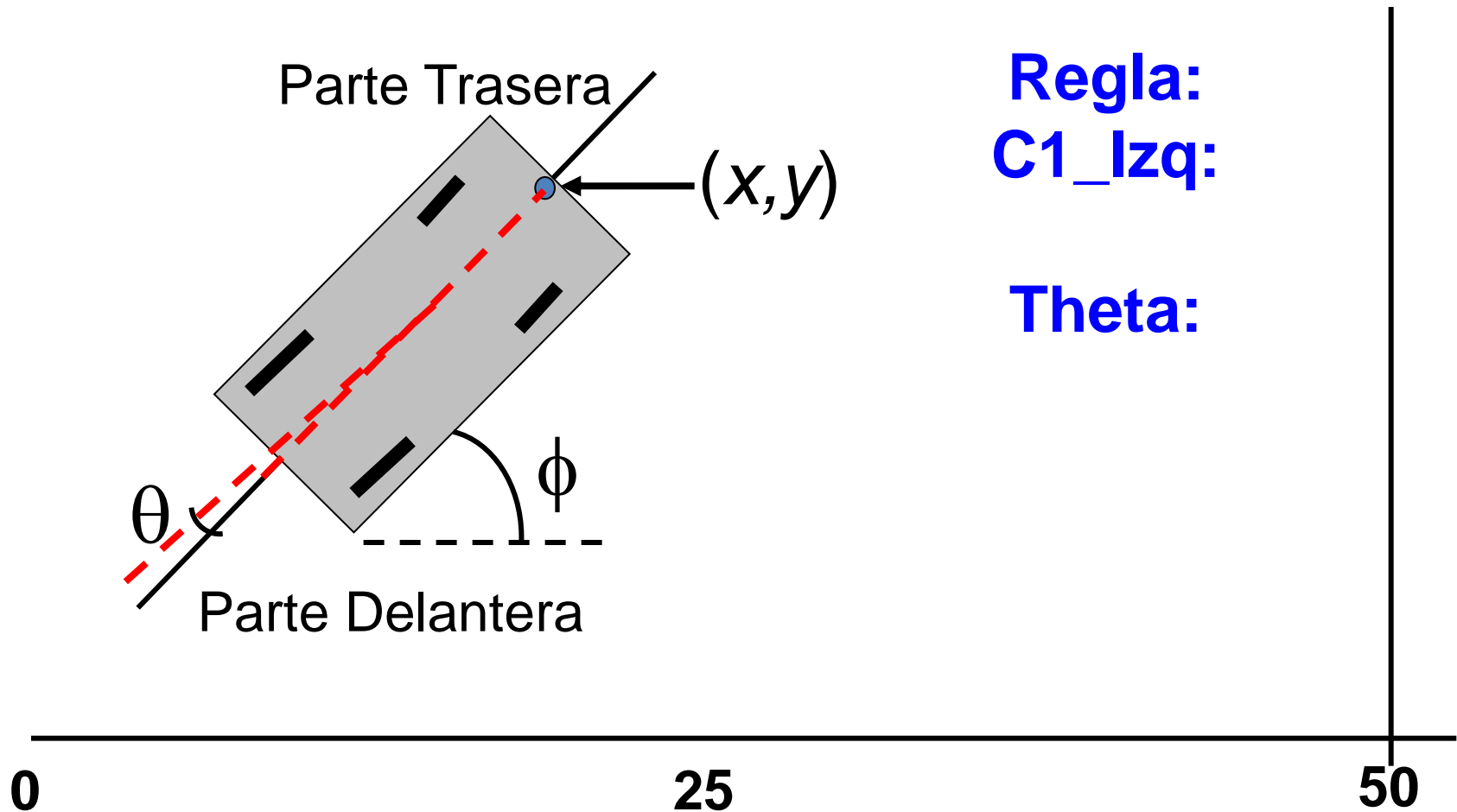
Memoria Asociativa Difusa

Para llenar por la audiencia



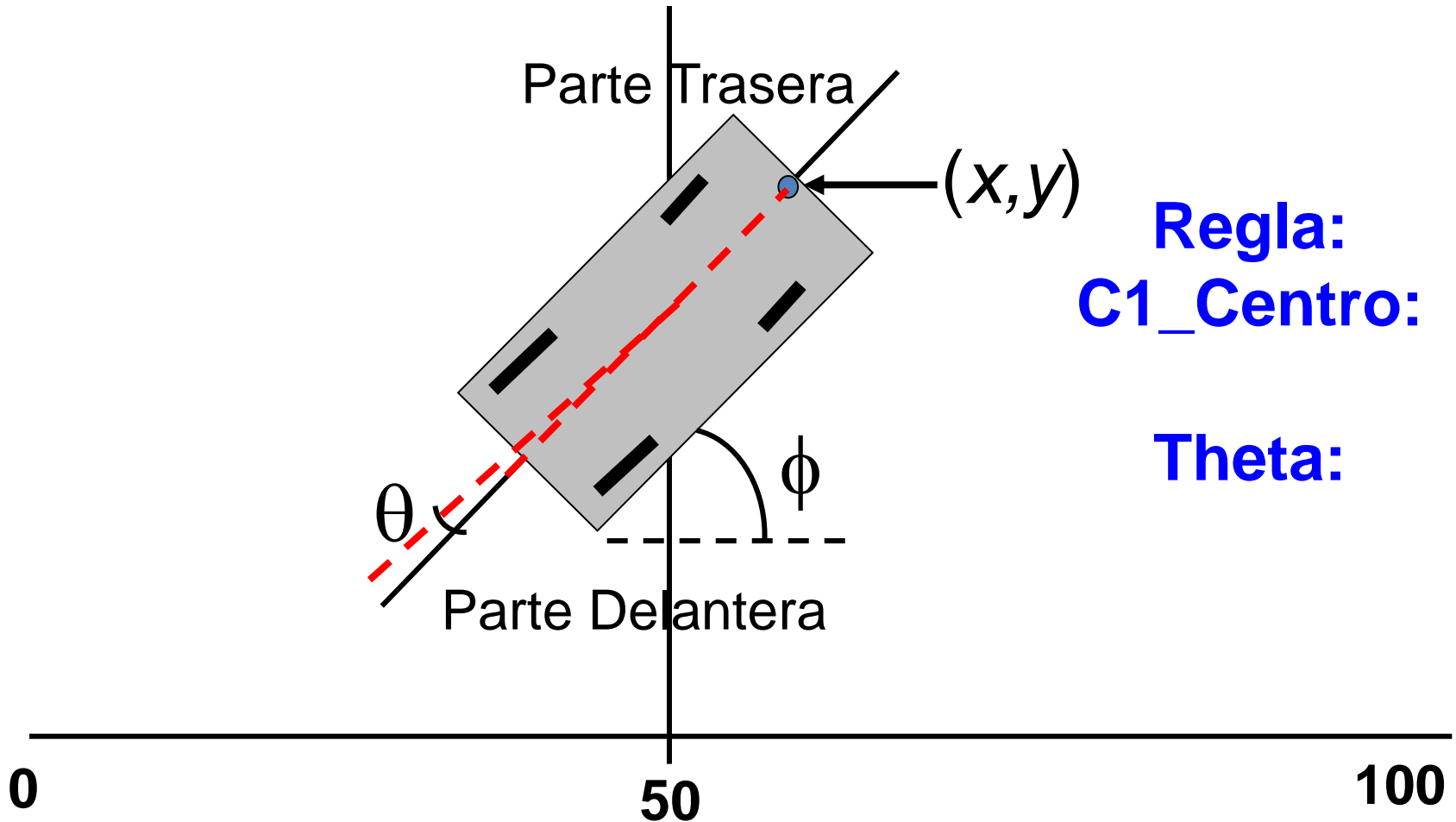
Cuadrante 1

Posición en eje «x»: Izquierda



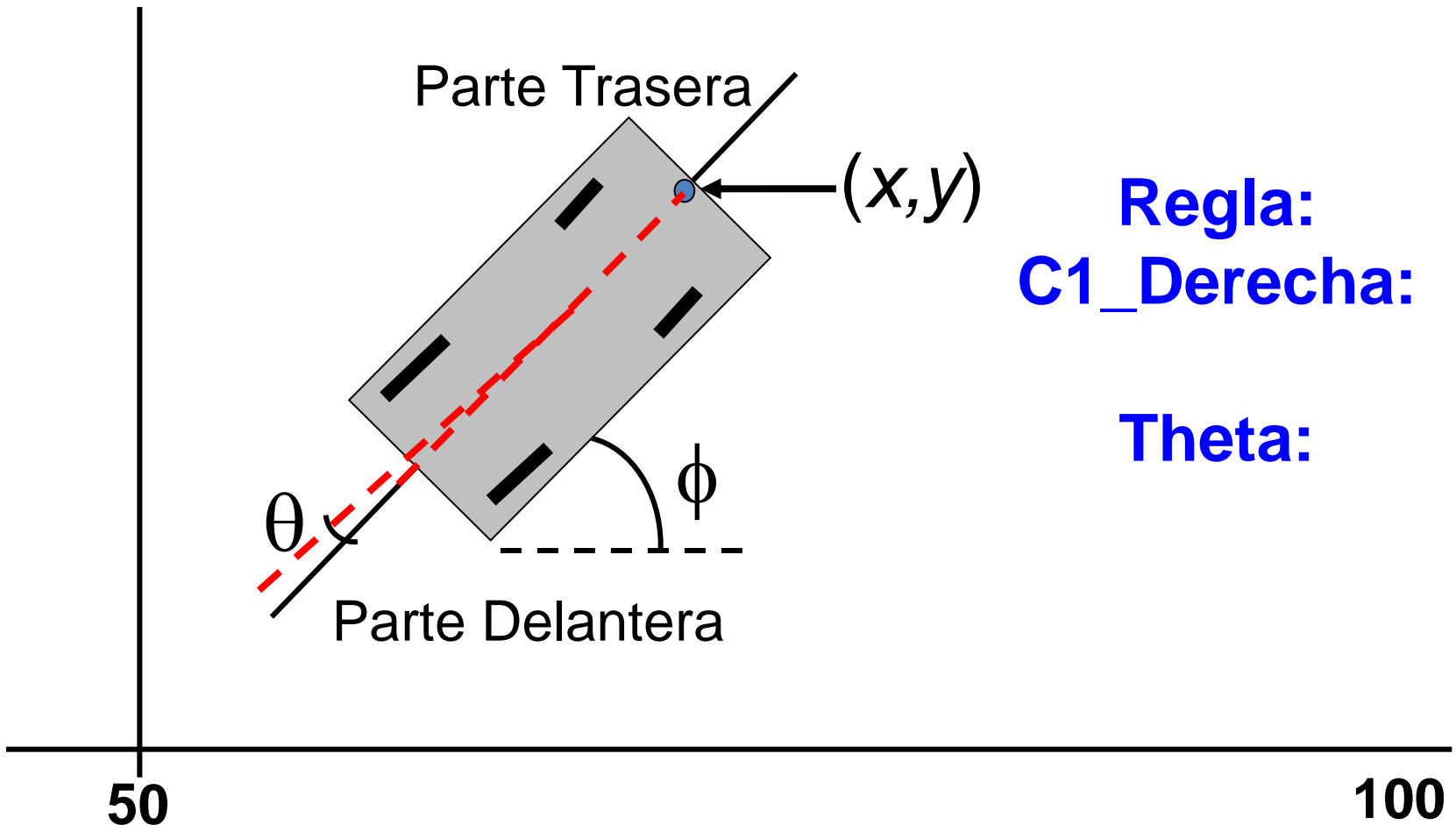
Cuadrante 1

Posición en eje «x»: Centro



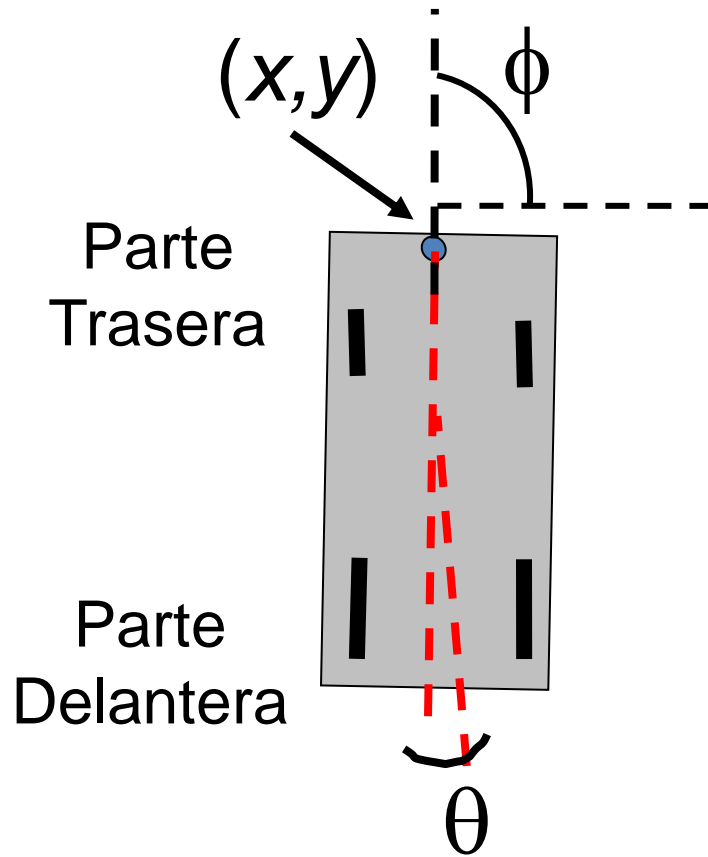
Cuadrante 1

Posición en eje «x»: Derecha



Vertical

Posición en eje «x»: Izquierda



Regla:
Vert_Izq:

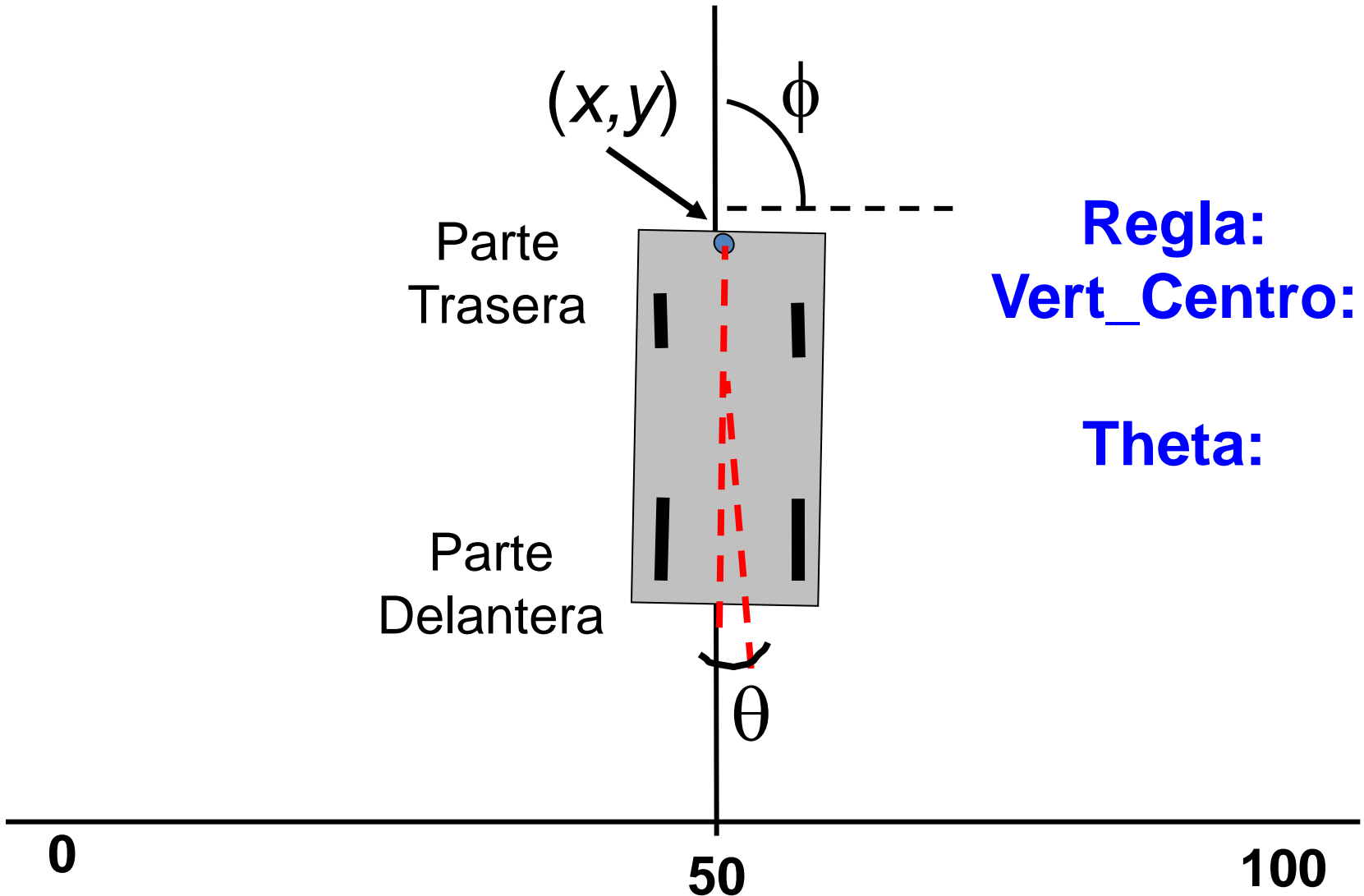
Theta:

0

50

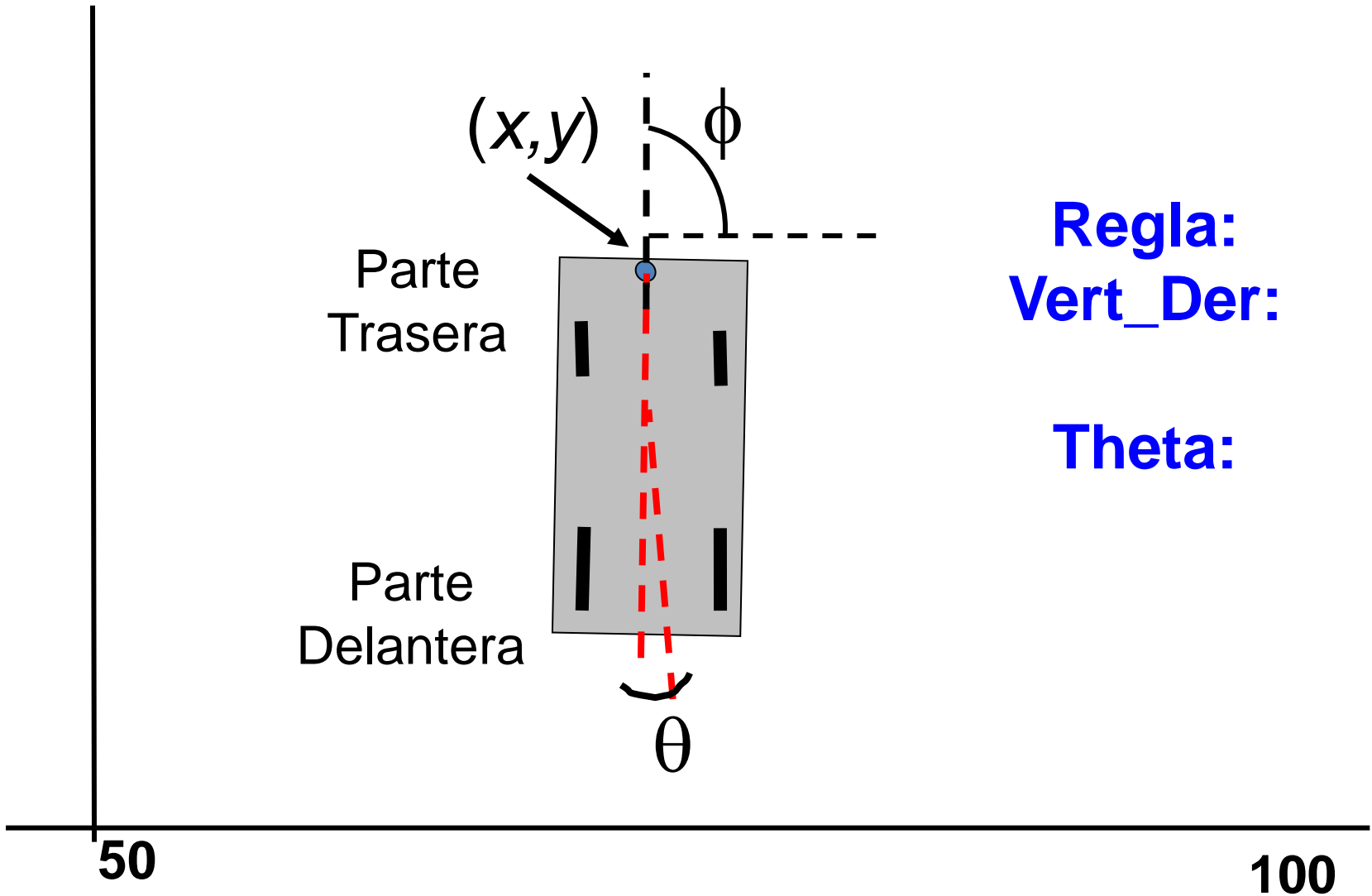
Vertical

Posición en eje «x»: Centro



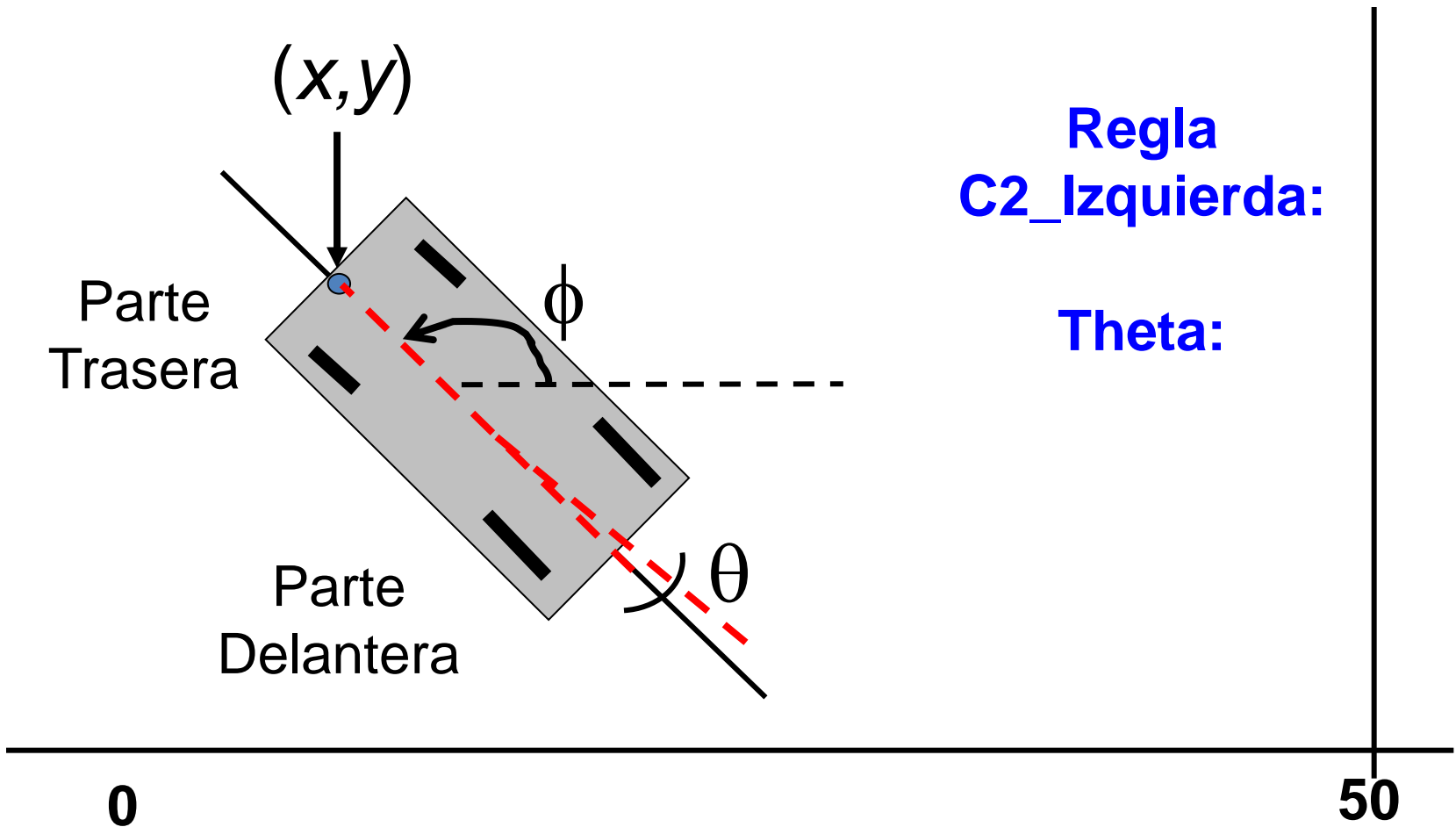
Vertical

Posición en eje «x»: Derecha



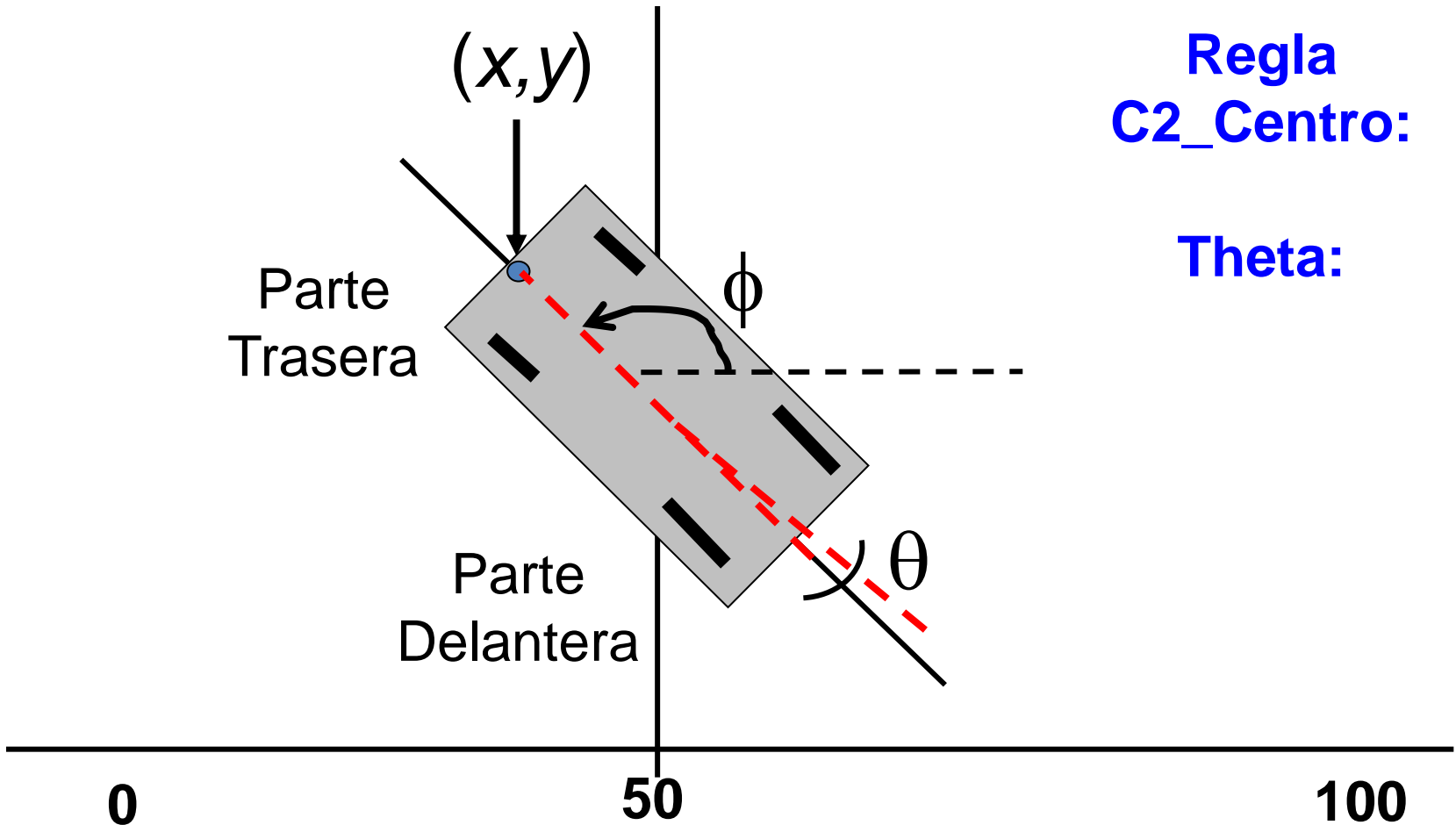
Cuadrante 2

Posición en eje «x»: Izquierda



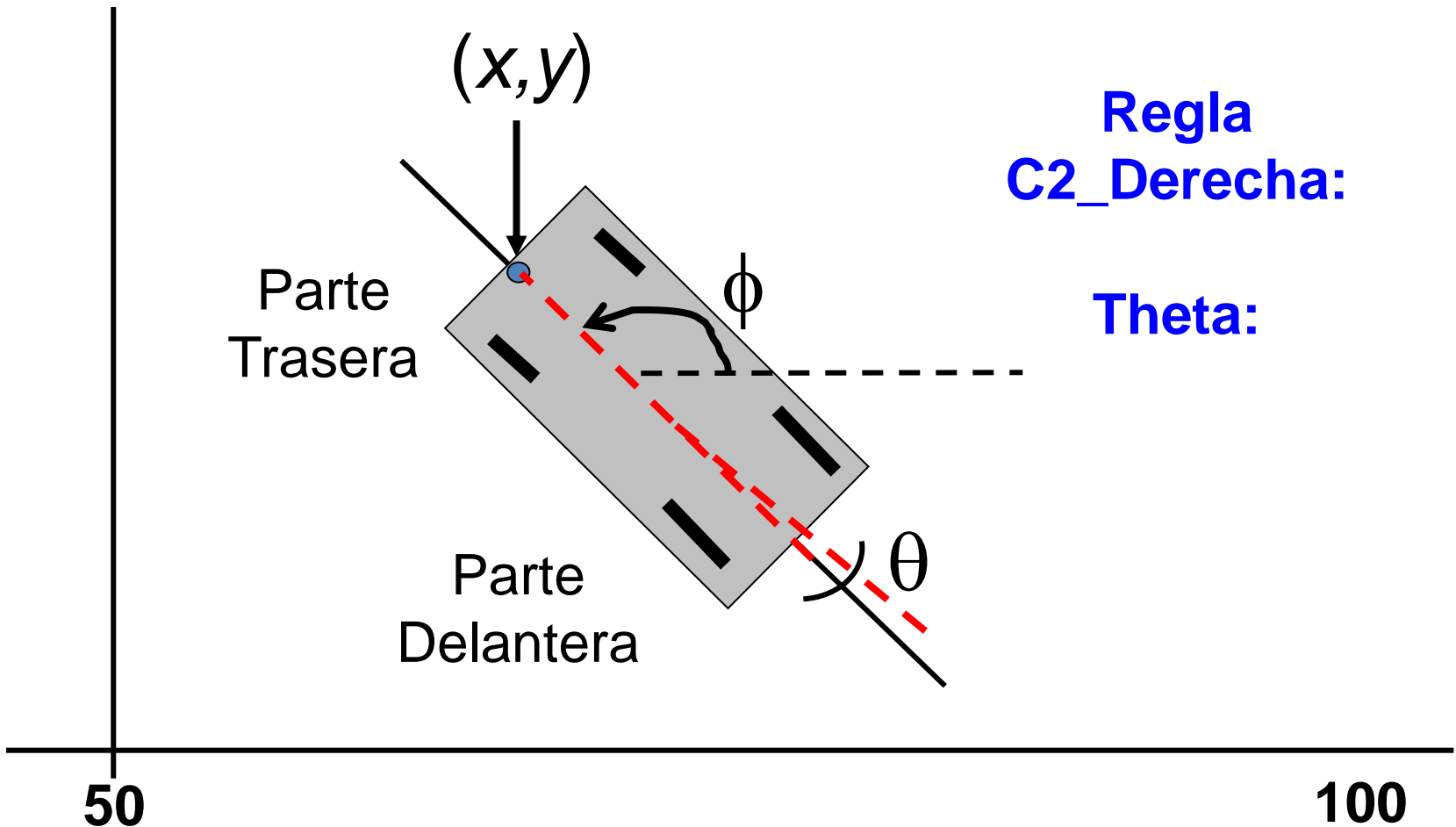
Cuadrante 2

Posición en eje «x»: Centro



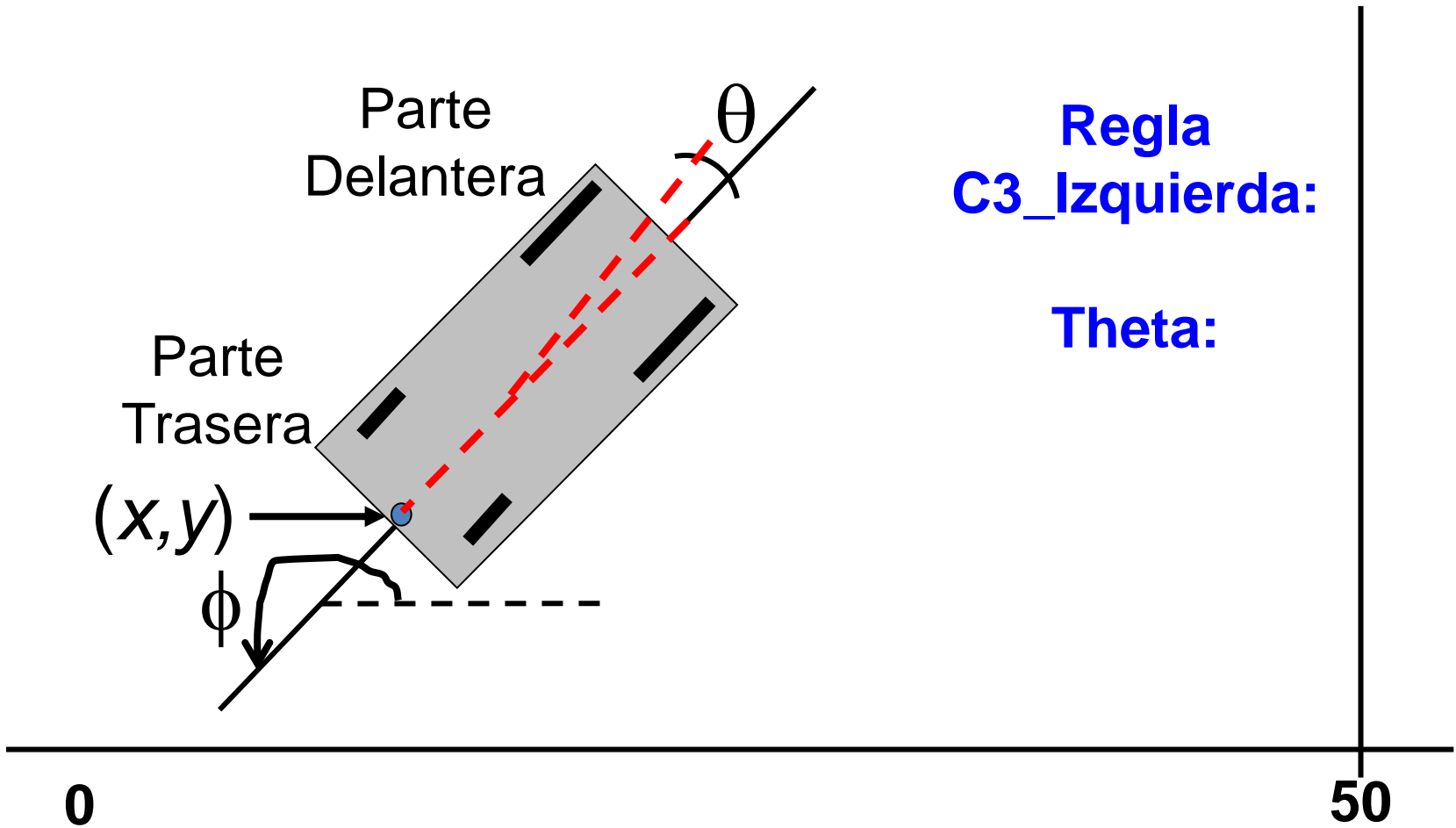
Cuadrante 2

Posición en eje «x»: Derecha



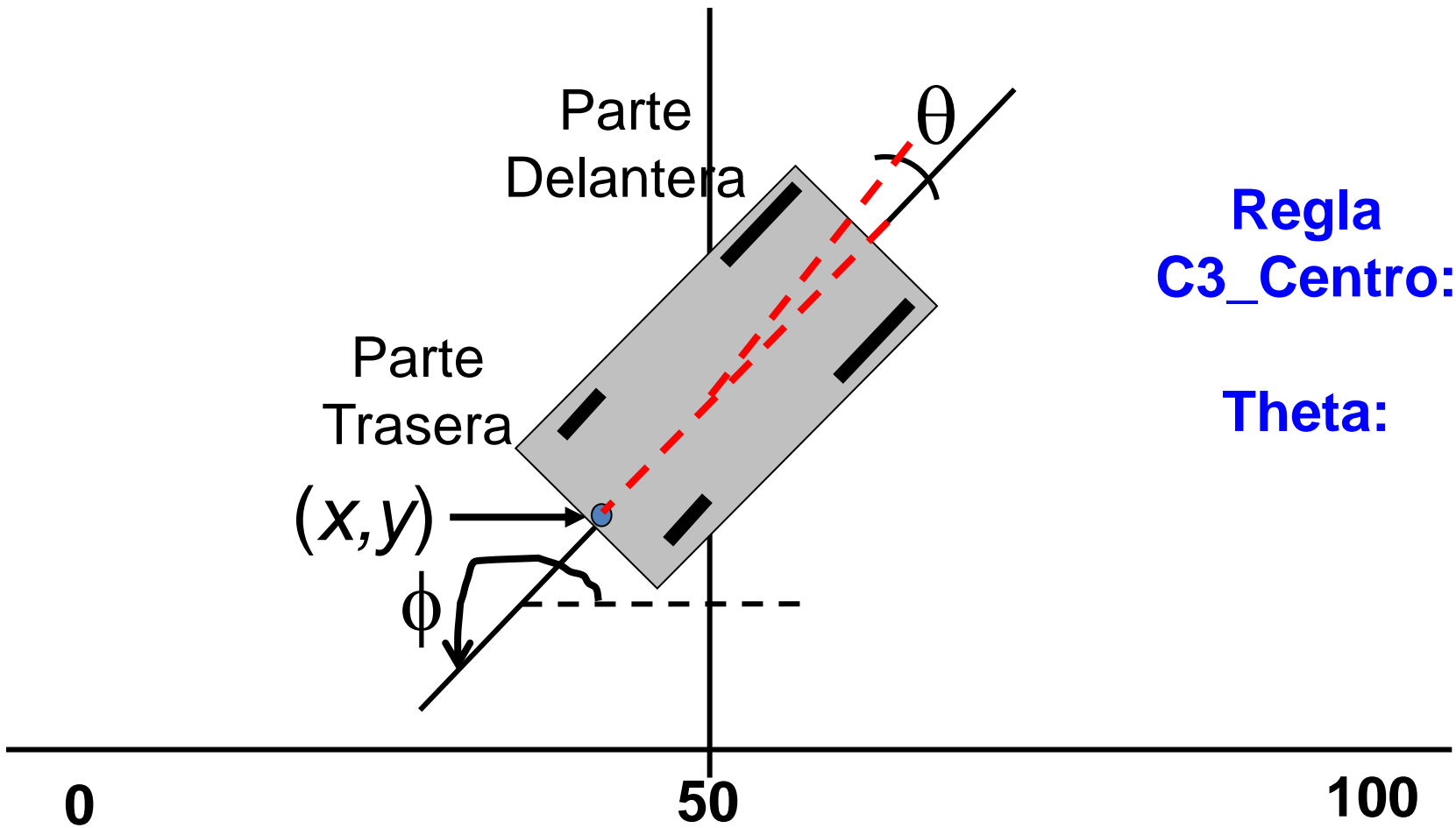
Cuadrante 3

Posición en eje «x»: Izquierda



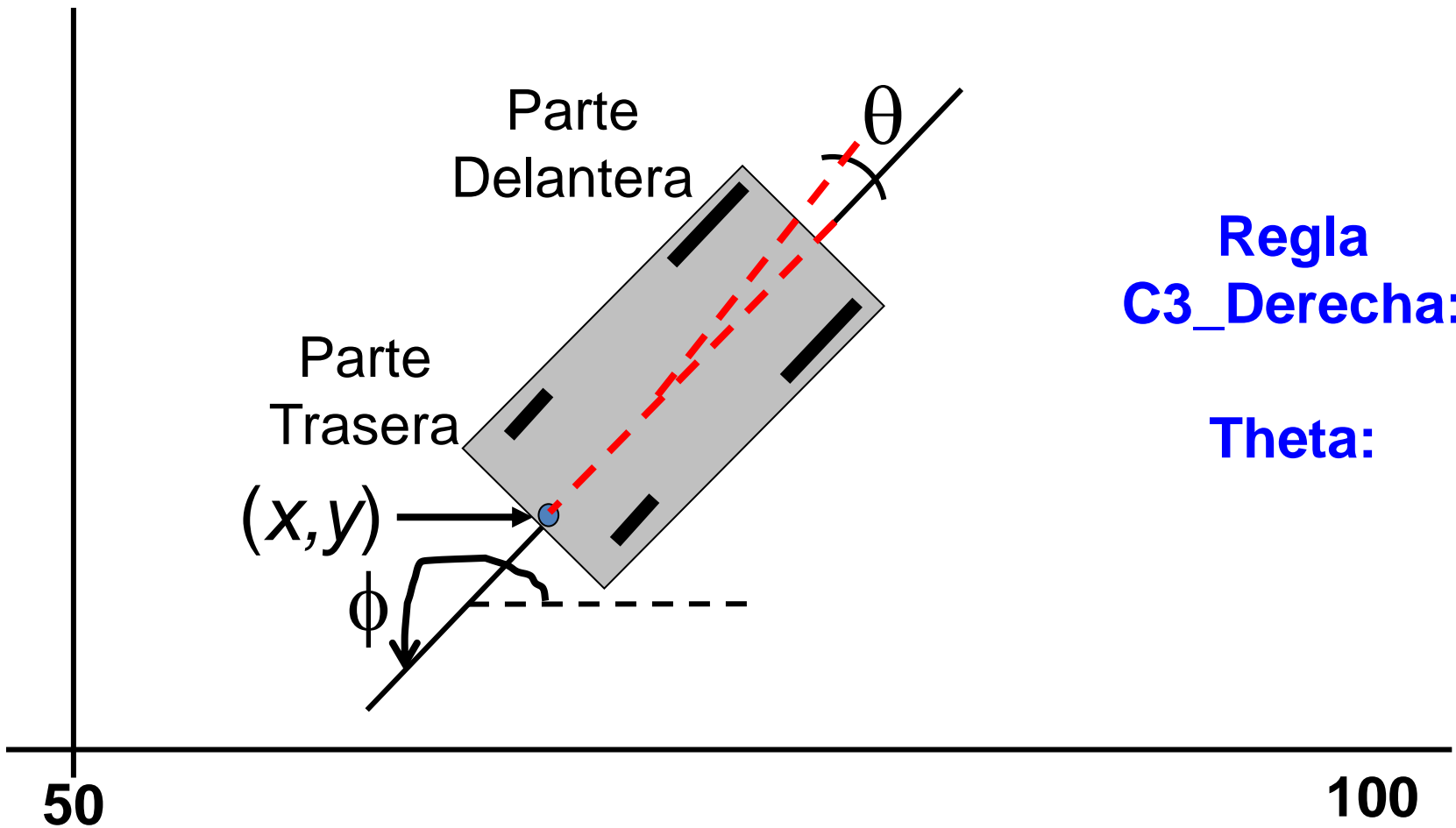
Cuadrante 3

Posición en eje «x»: Centro



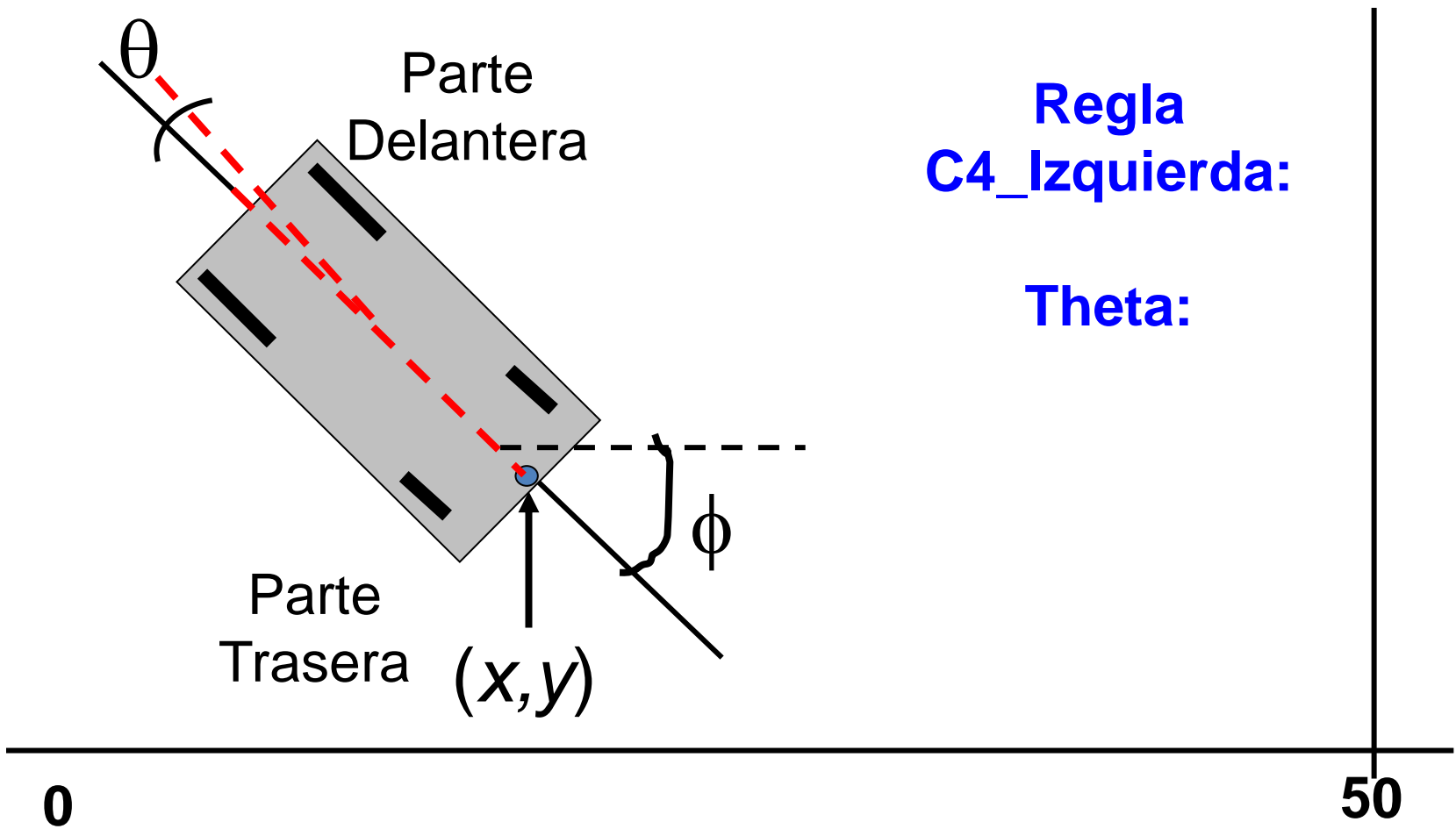
Cuadrante 3

Posición en eje «x»: Derecha



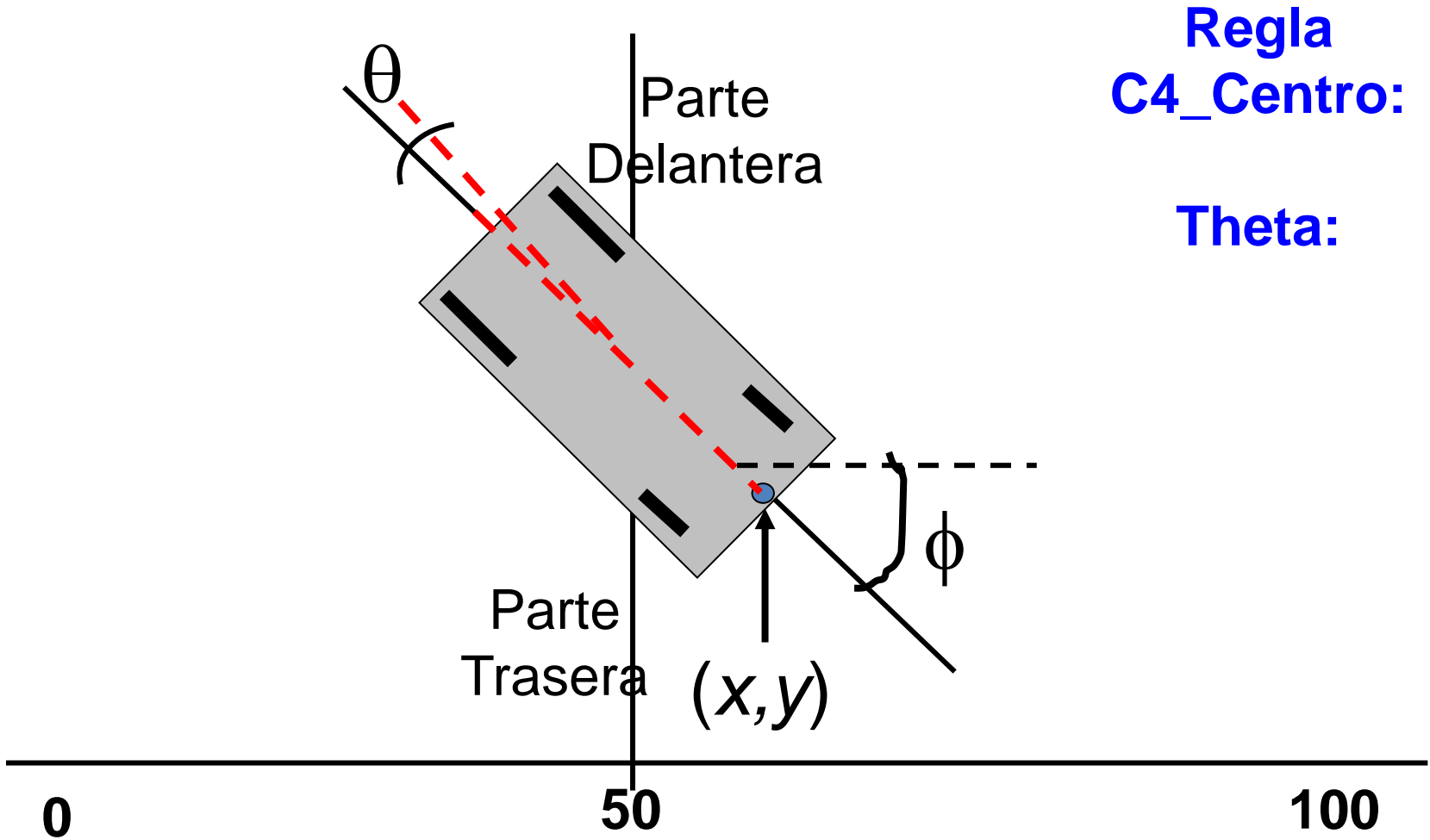
Cuadrante 4

Posición en eje «x»: Izquierda



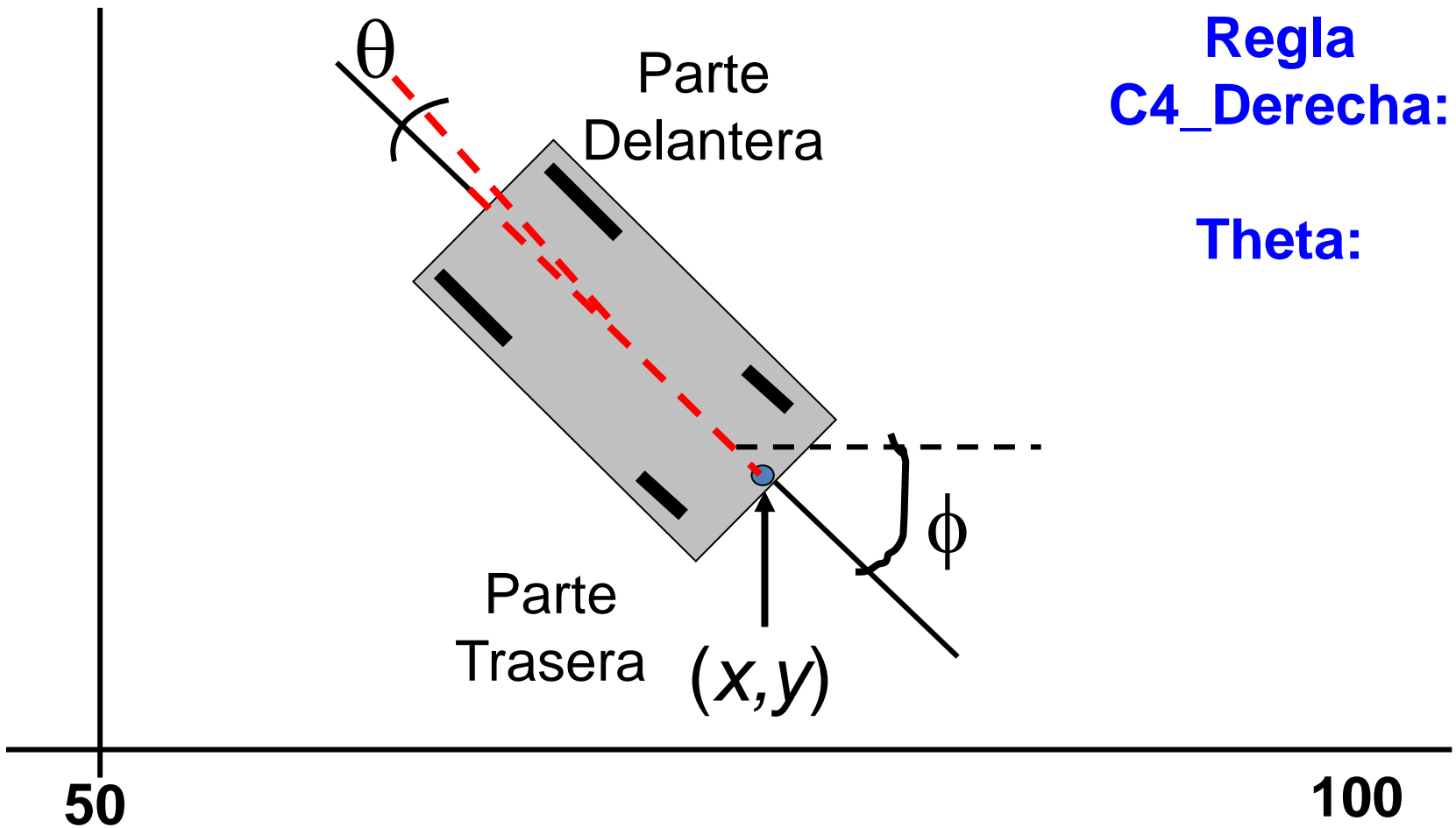
Cuadrante 4

Posición en eje «x»: Centro



Cuadrante 4

Posición en eje «x»: Derecha

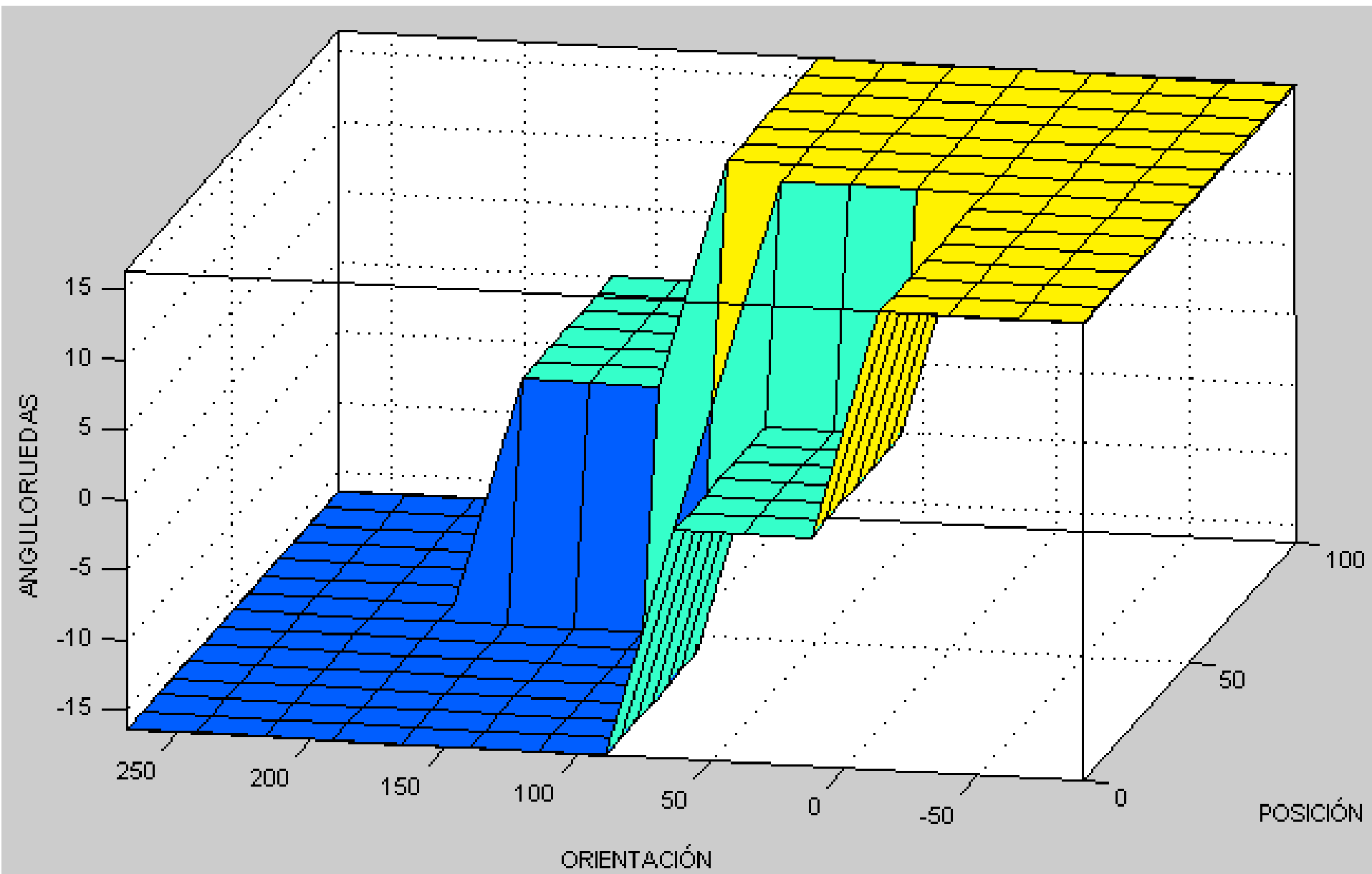


Memoria Asociativa Difusa Resultante

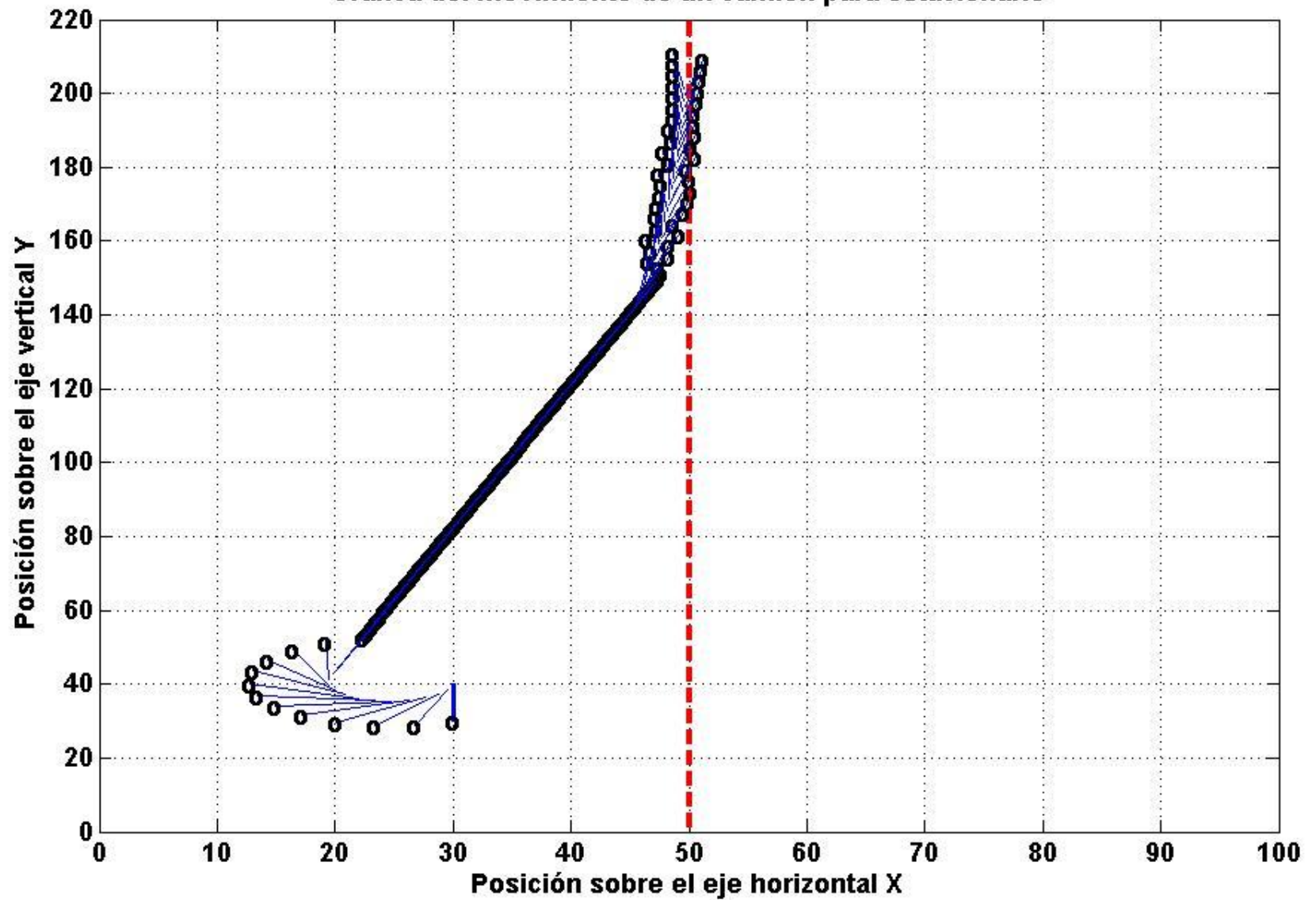
X

| | | IZQ | CENTRO | DER |
|--------|------|------|--------|------|
| ϕ | C1 | CERO | POS | POS |
| | VERT | NEG | CERO | POS |
| | C2 | NEG | NEG | CERO |
| | C3 | NEG | NEG | NEG |
| | C4 | POS | POS | POS |

SUPERFICIE DE CONTROL



Gráfica del movimiento de un camión para estacionarlo



CONCLUSIONES

- * La lógica difusa es un método que permite expresar matemáticamente el pensamiento intuitivo y solucionar problemas como lo hace el ser humano.**
- * La base de reglas para el controlador difuso fue propuesta por la audiencia.**
- * El resultado de la simulación muestra que el conjunto de reglas mueve al camión de reversa hasta colocarlo alineado al eje vertical con las ruedas traseras hacia el norte.**
- * Los estudiantes son motivados a estudiar y utilizar la lógica difusa en el diseño de controladores de manera teórica y práctica.**