



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

15º Congreso Nacional de Mecatrónica



Algoritmo de Aprendizaje Automático para Robots Móviles



**Daniel García, Guillermo Díaz,
Arturo González y Emilio Vargas
Universidad Autónoma de Querétaro**



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

15º Congreso Nacional de Mecatrónica



ASOCIACION MEXICANA DE
MECATRONICA A.C.

En robots humanoides y móviles, no es fácil modelar un sistema lo suficientemente fiel utilizando la dinámica para cuerpos rígidos articulados, debido a las altas no-linealidades.





"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

15º Congreso Nacional de Mecatrónica



ASOCIACION MEXICANA DE
MECATRONICA A.C.

Los métodos de regresión modernos ofrecen una alternativa viable para el aprendizaje del modelo (Machine Learning).





"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

15º Congreso Nacional de Mecatrónica



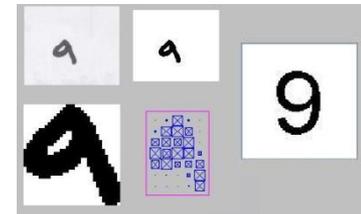
Aprendizaje Automático (Machine Learning).



Arthur Samuel (1959).
Es el campo de la computación
que le da la habilidad a una
computadora de aprender sin ser
explícitamente programada.

Algunas aplicaciones del aprendizaje automático.

- Motores de búsqueda.
- Clasificación de correos, detección de correo spam.
- Diagnóstico Médico.
- Detección de fraude en el uso de tarjetas bancarias.
- Análisis de mercado.
- Reconocimiento óptico de caracteres.
- Robótica.



Objetivo

Investigar la forma en como se efectúa el aprendizaje automático en un robot móvil, mediante métodos de regresión que permitan controlar los acciones del robot a partir de su propia experiencia.



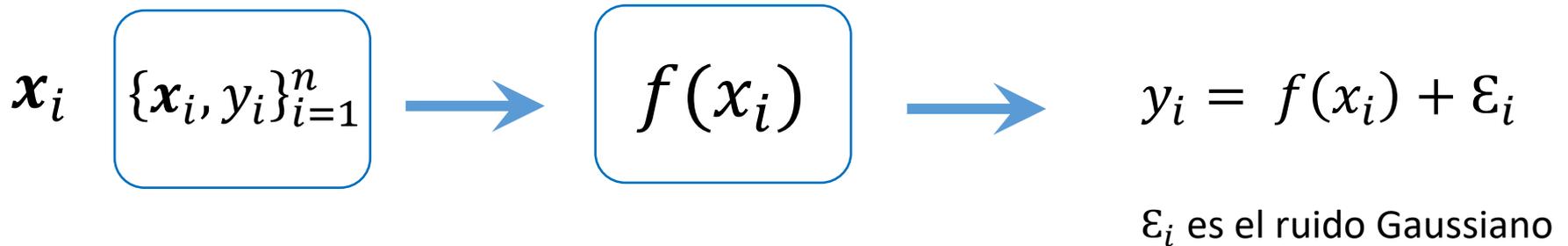


"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

15^o Congreso Nacional de Mecatrónica



Regresión con proceso gaussiano estándar.





"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

15º Congreso Nacional de Mecatrónica



Regresión con proceso gaussiano estándar.

Como resultado, la meta observada puede describirse como una distribución Gaussiana:

$$\mathbf{y} \sim \mathcal{N}(\mathbf{0}, \mathbf{K}(\mathbf{X}, \mathbf{X}) + \sigma_n^2 \mathbf{I}),$$

\mathbf{X} es el conjunto de entradas de todos los puntos \mathbf{x}_i
 $\mathbf{K}(\mathbf{X}, \mathbf{X})$ la matriz de covarianza calculada.

El kernel se da de la siguiente manera:

$$k(\mathbf{x}_p, \mathbf{x}_q) = \sigma_s^2 \exp\left(-\frac{1}{2}(\mathbf{x}_p - \mathbf{x}_q)^T \mathbf{W}(\mathbf{x}_p - \mathbf{x}_q)\right),$$

Donde σ_s^2 es la varianza señal.

\mathbf{W} representa el ancho del kernel Gaussiano



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

15º Congreso Nacional de Mecatrónica



Regresión con proceso gaussiano estándar.

La distribución conjunta de los valores objetivo observados y el valor pronosticado $f(\mathbf{x}_*)$ para la consulta de un punto \mathbf{x}_* esta dado por:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y} \\ f(\mathbf{x}_*) \end{bmatrix} \sim \mathcal{N} \left(\mathbf{0}, \begin{bmatrix} \mathbf{K}(\mathbf{X}, \mathbf{X}) + \sigma_n^2 \mathbf{I} & k(\mathbf{X}, \mathbf{x}_*) \\ k(\mathbf{x}_*, \mathbf{X}) & k(\mathbf{x}_*, \mathbf{x}_*) \end{bmatrix} \right)$$

Acondicionando la distribución conjunta da el valor medio $f(\mathbf{x}_*)$ con la varianza correspondiente $V(\mathbf{x}_*)$:

$$\begin{aligned} f(\mathbf{x}_*) &= k_*^T (\mathbf{K} + \sigma_n^2 \mathbf{I})^{-1} \mathbf{y} = k_*^T \boldsymbol{\alpha}, \\ V(\mathbf{x}_*) &= k(\mathbf{x}_*, \mathbf{x}_*) - k_*^T (\mathbf{K} + \sigma_n^2 \mathbf{I})^{-1} k_*, \end{aligned}$$



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

15º Congreso Nacional de Mecatrónica



Regresión con proceso gaussiano estándar.

Con

$$k_* = k(\mathbf{X}, \mathbf{x})$$

$$\mathbf{K} = \mathbf{K}(\mathbf{X}, \mathbf{X})$$

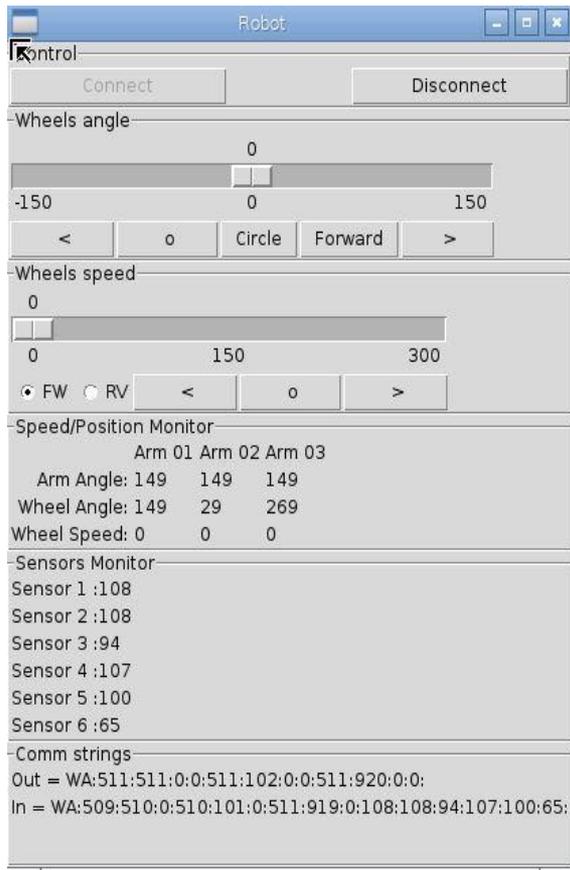
y α se expresa el así llamado vector de predicción.

Los hiper-parámetros del proceso Gaussiano con el kernel Gaussiano están dados por

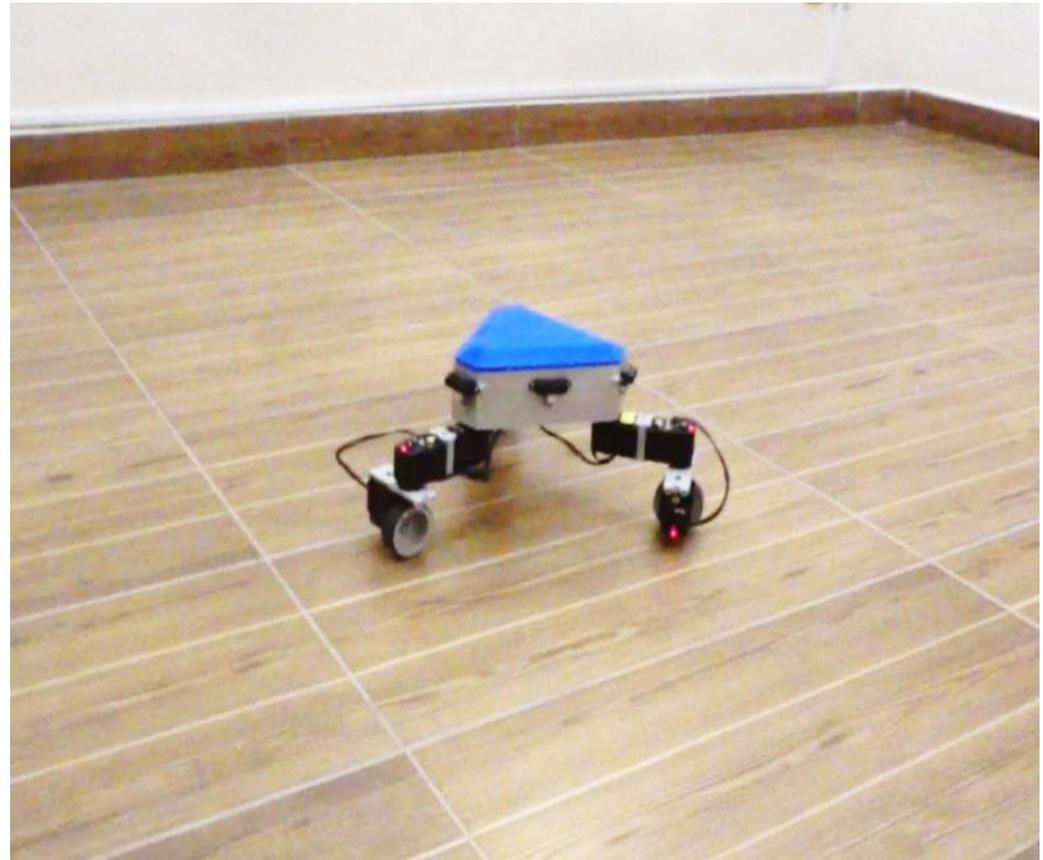
$$\boldsymbol{\theta} = [\sigma_n^2, \sigma_j^2, \mathbf{W}]$$

Los cuales pueden ser optimizados (Método de Gradiente Conjugado).

Robot móvil omni-direccional.

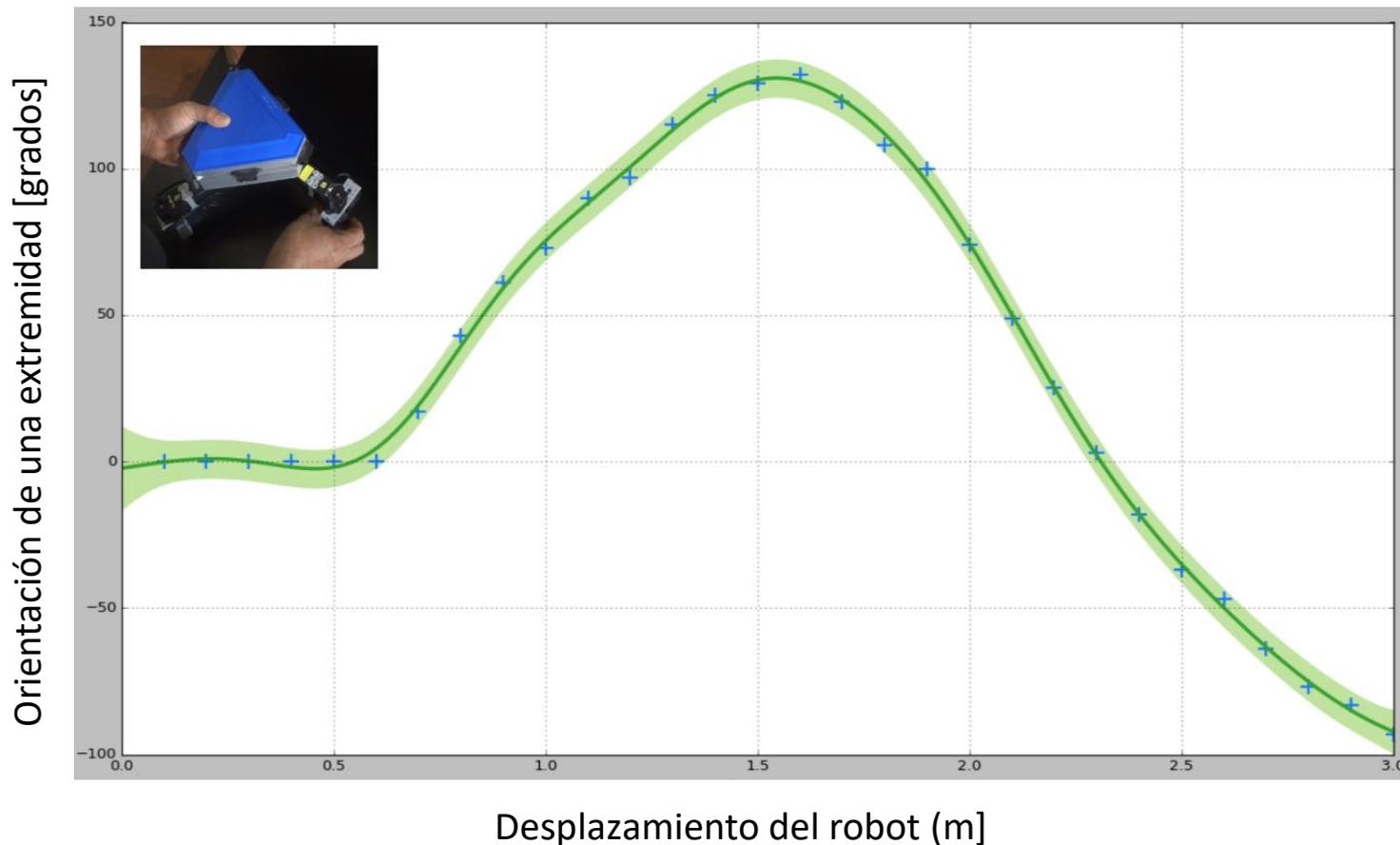


Interface

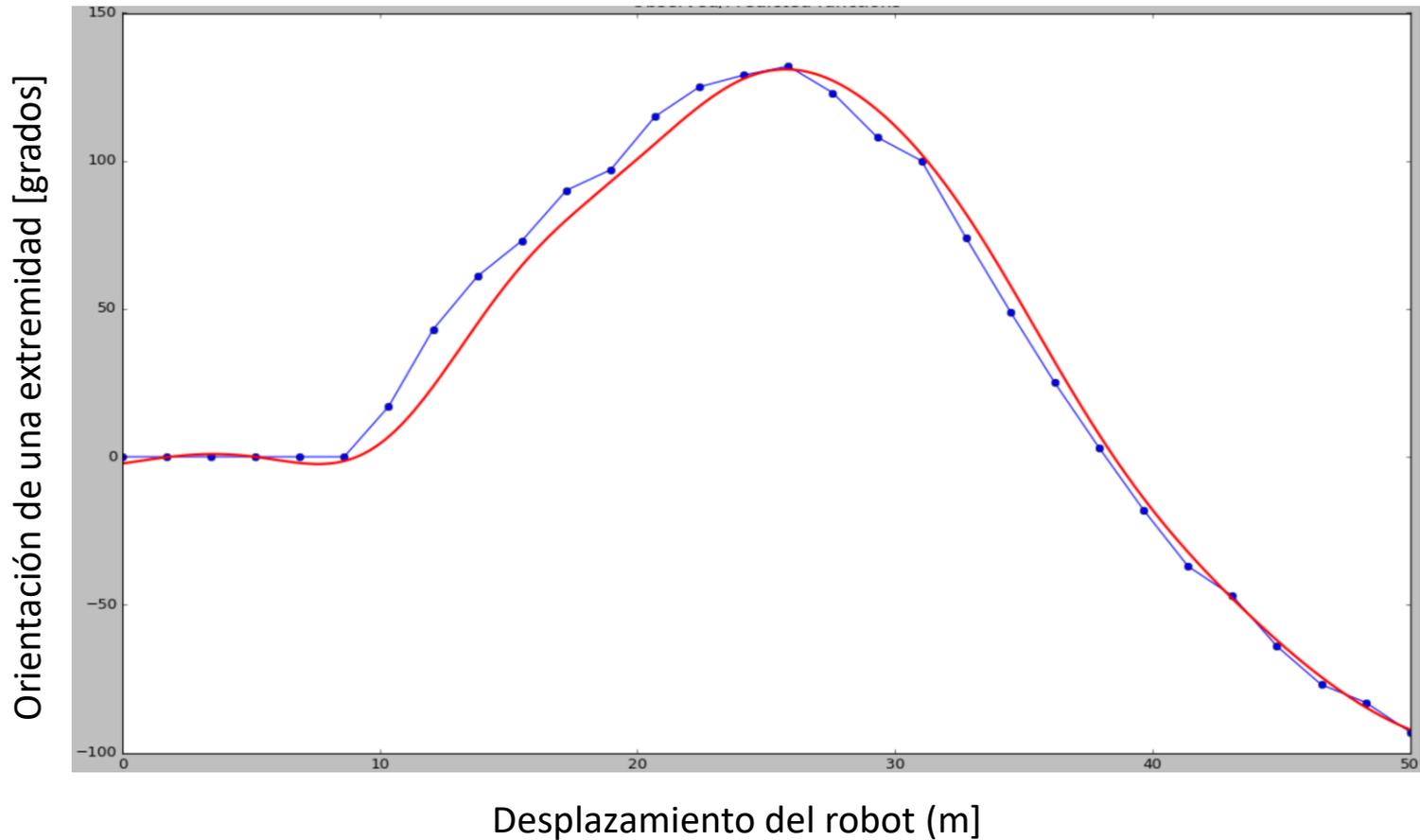


Robot móvil omnidireccional 9 DoF.

Aprendizaje de un movimiento.



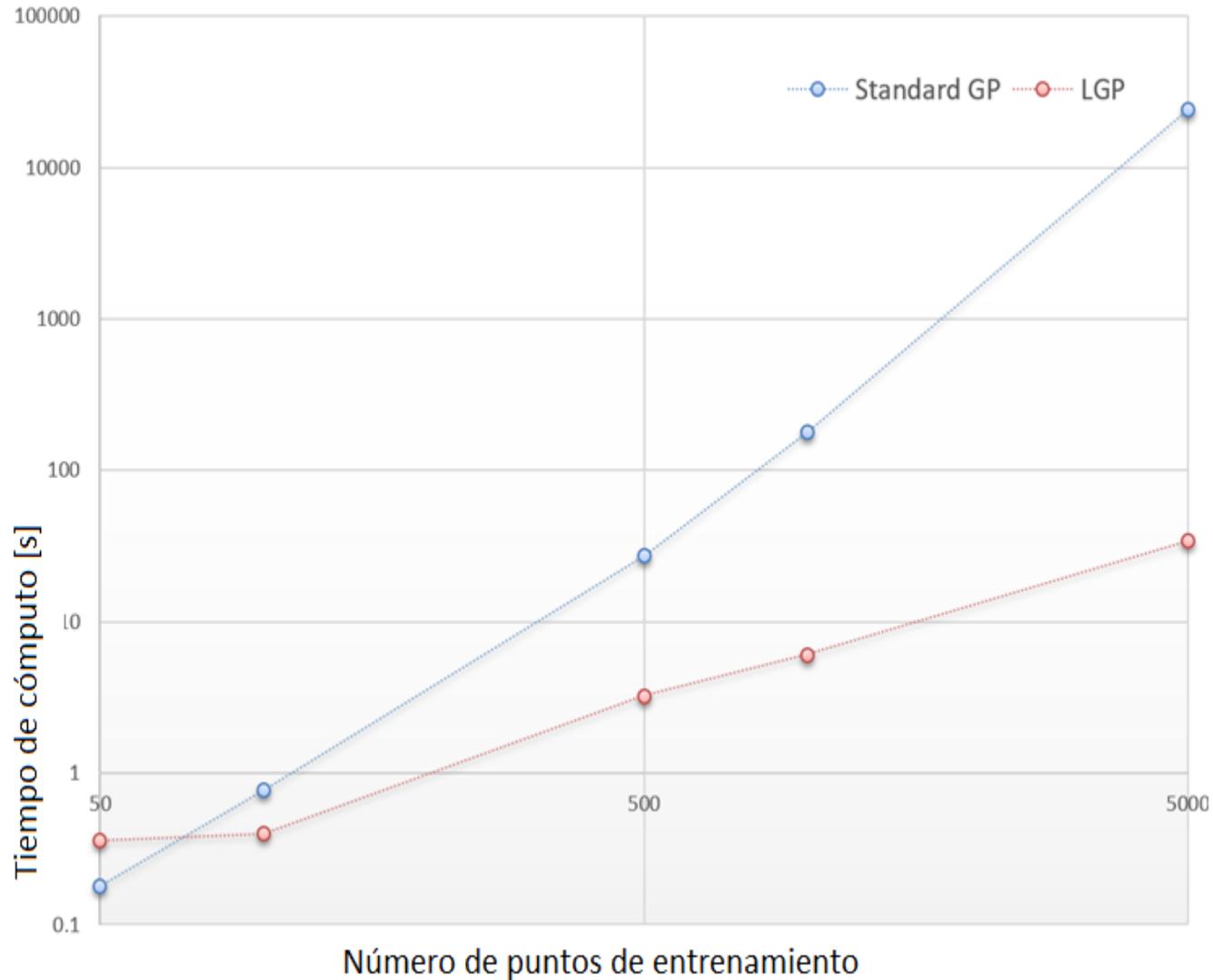
Aprendizaje de un movimiento.





"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

15^o Congreso Nacional de Mecatrónica





"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

15º Congreso Nacional de Mecatrónica



Conclusiones

Se logró un posicionamiento aceptable, aún con la posibilidad de predecir un punto que no haya sido muestreado entre dos o más de ellos.

El proceso gaussiano ofrece versatilidad pero ocasiona un alto costo computacional alto ($O(n^3)$).

Al aplicar métodos de aprendizaje local (LGP) se redujo el costo computacional, obteniendo un error menor en el ajuste de la función de entrada con la salida.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

15^o Congreso Nacional de Mecatrónica



**Agradezco
su atención**

Dr. Emilio Vargas

www.mecatronica.net/emilio

