



Programa Clima y Aire limpio
en Ciudades de América Latina

INVENTARIO DE MAQUINARIA MÓVIL NO DE CARRETERA (PARTE 2)

**DEFINICIONES DE
MAQUINARIA
MÓVIL NO DE
CARRETERA**





METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES

$$E = N * NA \cdot Pot \cdot FC \cdot (FE_0 * FAT * FD - SMP)$$

- E* : Emisiones de la flota de MMNC.
- NA* : Nivel de Actividad de la maquinaria en [hrs]
- Pot* : Potencia nominal de la maquinaria en [kW]
- FC* : Fracción promedio de la potencia nominal en la que funciona el motor de la maquinaria.
- FE₀* : Factor de emisión del motor con cero horas de uso en [gr/kW-hr].
- FAT* : Factor de ajuste transiente (excepto motores > Tier4/StageIV).
- FD* : Factor de deterioro.
- SMP* : Corrección por contenido de azufre en el comb.



METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES

- Atributos de la flota relevantes para la caracterización de las emisiones:

Rpot	Rango de potencia al que pertenece la maquinaria según su potencia nominal del motor en [kW].
Mtip	Por chispa (Otto) o por compresión (Diésel). También según el tipo de combustible (gasolina, GNC/GLP, Diésel).
Etip	El tipo de maquinaria (o equipo), corresponde a las tipologías estandarizadas en la metodología [NR2005]. Por ejemplo: Bulldozer, Cargador Frontal, Excavadora, etc.
Eniv	Tecnología de control de emisiones que a su vez determinan las tasas de emisión del contaminante (Factores de Emisión).
Edad	La edad de la maquinaria.



METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES

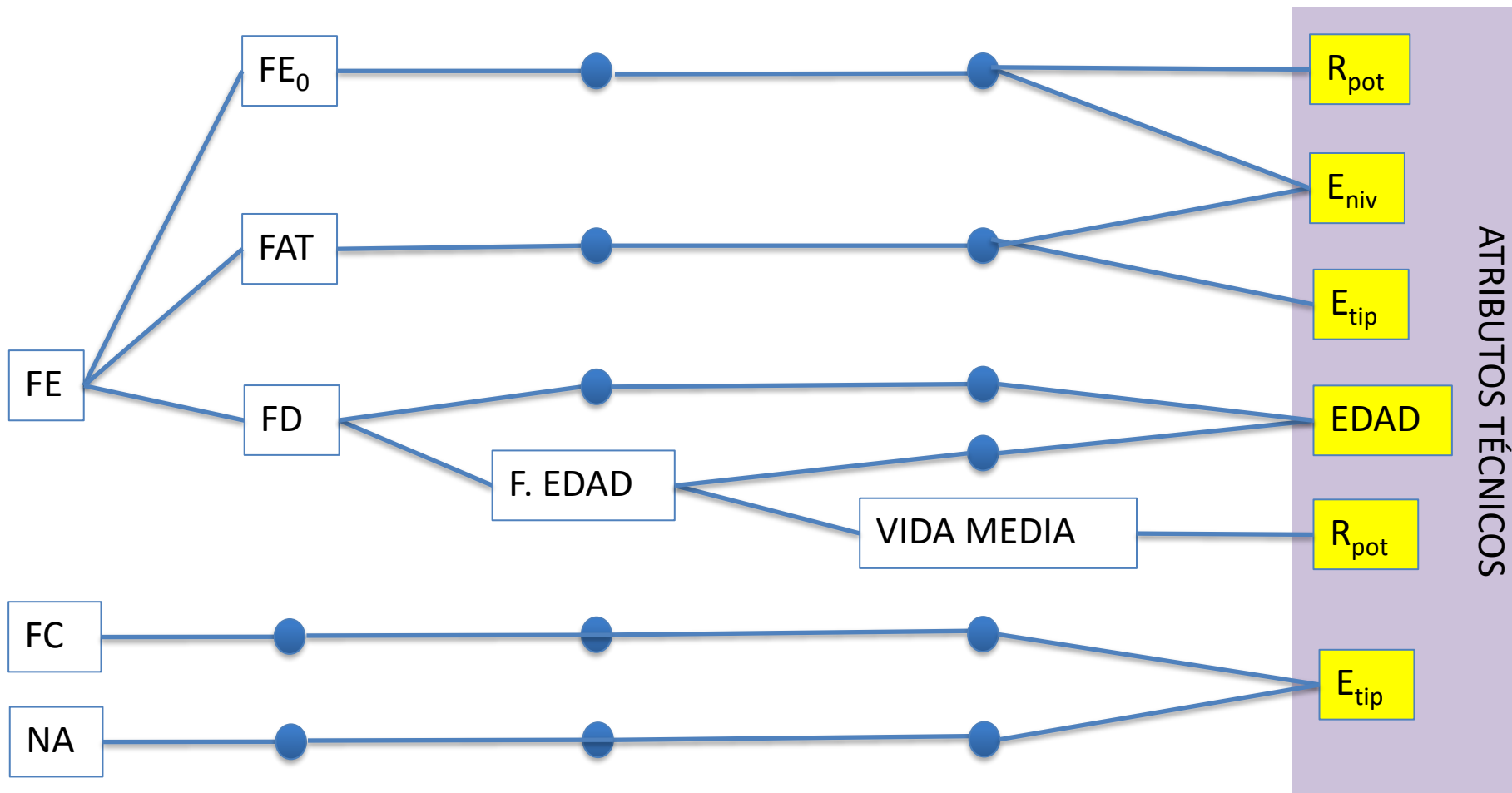


Diagrama de relaciones entre las variables de cálculo de emisiones y los atributos de la flota

**DEPURACIÓN DE
LAS BASES DE
DATOS DE
ADUANAS**





RUBRO

Rubro

1. Se obtiene el rubro de las glosas de Aduanas
2. El tipo aplica sólo a un rubro
3. El rubro de la empresa importadora
4. Criterios discutidos con los importadores (Ej: participación de las ventas por rubro).



ADUANA



	FECHA_ACEPTACION	NOMBRE_IMPORTADOR	RUT_IMPORTADOR	PAIS_ORIGEN	VALOR_FOB	TOTAL_PESO
3	2013-01-02 09:47:11	DERCO MAQ. S.A.	96545450	220	78691.50	11148
4	2013-01-02 09:47:11	DERCO MAQ. S.A.	96545450	220	78691.50	11148
5	2013-01-02 09:47:11	DERCO MAQ. S.A.	96545450	220	78691.50	11148
16	2013-01-02 12:58:01	LINDE HIGH LIFT CHILE S.A.	78034470	563	37211.21	6355
17	2013-01-02 12:58:02	LINDE HIGH LIFT CHILE S.A.	78034470	563	37211.21	6365

	IDENTIFICACION_BULTOS1	CANTIDAD_BULTO1	NOMBRE_MERCANCIA
3	DERCOMAQ S.A.	3 MF290/4	; TRACTOR-D; AGCO-F; AGRICOLA MF29
4	DERCOMAQ S.A.	3 MF290/4	; TRACTOR-D; AGCO-F; AGRICOLA MF29
5	DERCOMAQ S.A.	3 MF290/4	; TRACTOR-D; AGCO-F; AGRICOLA MF29
16	CMAU561972-8 CMAU509148-2	CON 1 MAQUINARIA (88) Y 1 PIEZ	2 YMTH2X394C03913 ; CARRETILLA CONTRAPESADA AUTOPR;
17	CMAU561972-8 CMAU509148-2	CON 1 MAQUINARIA (88) Y 1 PIEZ	2 YMTH2X394C03930 ; CARRETILLA CONTRAPESADA AUTOPR;

	ATRIBUTO1	ATRIBUTO2	ATRIBUTO3
3	0/4; COLOR ROJO, NO. SERIE 290	4357687 NO. MOTOR RS60153B5060	76W AÑO 2012 PBV 3716 KGS.
4	0/4; COLOR ROJO, NO. SERIE 290	4357686 NO. MOTOR RS60153B5060	39W AÑO 2012 PBV 3716 KGS.
5	0/4; COLOR ROJO, NO. SERIE 290	4357688 NO. MOTOR RS60153B5060	79W AÑO 2012 PBV 3716 KGS.
16	LINDE; H40D; CON MOTOR DIESEL,	NUEVA AÑO 2012, ALTURA DE LEV ANTE 4400 MM,	CAPACIDAD LEVANT
17	LINDE; H40D; CON MOTOR DIESEL,	NUEVA AÑO 2012, ALTURA DE LEV ANTE 4400 MM,	CAPACIDAD LEVANT



POTENCIA

Potencia

- Se obtiene la potencia de las glosas de Aduanas
- Por marca, modelo y tipo se obtiene información por catálogos
- Se asigna potencia promedio por tipo de maquinaria (extrapolación a partir de la información disponible).



ADUANA



	FECHA ACEPTACION	NOMBRE IMPORTADOR	RUT IMPORTADOR	PAIS ORIGEN	VALOR FOB	TOTAL PESO
3	2013-01-02 09:47:11	DERCO MAQ. S.A.	96545450	220	78691.50	11148
4	2013-01-02 09:47:11	DERCO MAQ. S.A.	96545450	220	78691.50	11148
5	2013-01-02 09:47:11	DERCO MAQ. S.A.	96545450	220	78691.50	11148
16	2013-01-02 12:58:01	LINDE HIGH LIFT CHILE S.A.	78034470	563	37211.21	6355
17	2013-01-02 12:58:02	LINDE HIGH LIFT CHILE S.A.	78034470	563	37211.21	6365

	IDENTIFICACION_BULTOS1	CANTIDAD_BULTO1	NOMBRE_MERCANCIA
3	DERCOMAQ S.A.	3 MF290/4	; TRACTOR-D; AGCO-F; AGRICOLA MF29
4	DERCOMAQ S.A.	3 MF290/4	; TRACTOR-D; AGCO-F; AGRICOLA MF29
5	DERCOMAQ S.A.	3 MF290/4	; TRACTOR-D; AGCO-F; AGRICOLA MF29
16	CMAU561972-8 CMAU509148-2	CON 1 MAQUINARIA (88) Y 1 PIEZ	2 YMTH2X394C03913 ; CARRETILLA CONTRAPESADA AUTOPR;
17	CMAU561972-8 CMAU509148-2	CON 1 MAQUINARIA (88) Y 1 PIEZ	2 YMTH2X394C03930 ; CARRETILLA CONTRAPESADA AUTOPR;

	ATRIBUTO1	ATRIBUTO2	ATRIBUTO3
3	0/4; COLOR ROJO, NO. SERIE 290 4357687	NO. MOTOR RS60153B5060 76W ANO 2012	PBV 3716 KGS.
4	0/4; COLOR ROJO, NO. SERIE 290 4357686	NO. MOTOR RS60153B5060 39W ANO 2012	PBV 3716 KGS.
5	0/4; COLOR ROJO, NO. SERIE 290 4357688	NO. MOTOR RS60153B5060 79W ANO 2012	PBV 3716 KGS.
16	LINDE; H40D; CON MOTOR DIESEL, NUEVA ANO 2012, ALTURA DE LEV ANTE 4400 MM, CAPACIDAD LEVANT		
17	LINDE; H40D; CON MOTOR DIESEL, NUEVA ANO 2012, ALTURA DE LEV ANTE 4400 MM, CAPACIDAD LEVANT		

<https://www.ritchiespecs.com/equipment/2wd-tractor/massey-ferguson>



POTENCIA

Potencia

- Se obtiene la potencia de las glosas de Aduanas
- Por marca, modelo y tipo se obtiene información por catálogos
- Se asigna potencia promedio por tipo de maquinaria (extrapolación a partir de la información disponible).

TIPO	POTENCIA	INFO. DISPONIBLE			
TRACTOR AGRICOLA	$19 \leq \text{kW} < 37$	64%	RANGO POT.	PARTICIP.	PROM. POT.
	$37 \leq \text{kW} < 56$		$19 \leq \text{kW} < 37$	4%	25
	$56 \leq \text{kW} < 75$		$37 \leq \text{kW} < 56$	20%	48
	$75 \leq \text{kW} < 130$		$56 \leq \text{kW} < 75$	55%	62
	$130 \leq \text{kW} < 300$		$75 \leq \text{kW} < 130$	20%	93
			$130 \leq \text{kW} < 300$	1%	171



COMBUSTIBLE

Combustible

- Se obtiene el combustible de las glosas informativas de los registros de Aduanas
- Se obtiene de información de catálogos según marca y modelo.
- Asignación del tipo de combustible por tipo de maquinaria según distribución en información disponible.



ADUANA



	FECHA_ACEPTACION	NOMBRE_IMPORTADOR	RUT_IMPORTADOR	PAIS_ORIGEN	VALOR_FOB	TOTAL_PESO
16	2013-01-02 12:58:01	LINDE HIGH LIFT CHILE S.A.	78034470	563	37211.21	6355
17	2013-01-02 12:58:02	LINDE HIGH LIFT CHILE S.A.	78034470	563	37211.21	6365
20	2013-01-02 12:58:06	LINDE HIGH LIFT CHILE S.A.	78034470	563	35776.54	4810
21	2013-01-02 12:58:08	LINDE HIGH LIFT CHILE S.A.	78034470	563	33915.56	4845

	IDENTIFICACION_BULTOS1	CANTIDAD_BULTO1	NOMBRE_MERCANCIA
16	CMAU561972-8 CMAU509148-2	CON 1 MAQUINARIA (88) Y 1 PIEZ	2 YMTH2X394C03913 ; CARRETILLA CONTRAPESADA AUTOPR;
17	CMAU561972-8 CMAU509148-2	CON 1 MAQUINARIA (88) Y 1 PIEZ	2 YMTH2X394C03930 ; CARRETILLA CONTRAPESADA AUTOPR;
20	CMAU561972-8 CMAU509148-2	CON 1 MAQUINARIA (88)	2 YMTH2X393C05995 ; CARRETILLA CONTRAPESADA AUTOPR;
21	CMAU561972-8 CMAU509148-2	CON 1 MAQUINARIA (88)	2 YMTH2X393C06002 ; CARRETILLA CONTRAPESADA AUTOPR;

	ATRIBUTO1	ATRIBUTO2	ATRIBUTO3
16	LINDE; H40D; CON MOTOR DIESEL,	NUEVA AÑO 2012, ALTURA DE LEV ANTE 4400 MM,	CAPACIDAD LEVANT
17	LINDE; H40D; CON MOTOR DIESEL,	NUEVA AÑO 2012, ALTURA DE LEV ANTE 4400 MM,	CAPACIDAD LEVANT
20	LINDE; H30T; CON MOTOR A GAS,	NUEVA AÑO 2012, ALTURA DE LEVA NTE 4805 MM,	CAPACIDAD DE LEVA
21	LINDE; H30T; CON MOTOR A GAS,	NUEVA AÑO 2012, ALTURA DE LEVA NTE 4655 MM,	CAPACIDAD DE LEVA

[Linde h25 35](#)



COMBUSTIBLE

Combustible

- Se obtiene el combustible de las glosas informativas de los registros de Aduanas
- Se obtiene de información de catálogos según marca y modelo.
- Asignación del tipo de combustible por tipo de maquinaria según distribución en información disponible.

TIPO	COMBUSTIBLE	INFO. DISPONIBLE																																									
GRUA HORQUILLA	Diésel	76%	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMBUST.</th> <th>19-37</th> <th>37-56</th> <th>56-75</th> <th>75-130</th> <th>130-300</th> <th>300-560</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diésel</td> <td>1%</td> <td>7%</td> <td>16%</td> <td>5%</td> <td>1%</td> <td>0%</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>gas</td> <td>0%</td> <td>1%</td> <td>24%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>25%</td> </tr> <tr> <td>Gas/gasolina</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>2%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>2%</td> </tr> <tr> <td>GASOLINA</td> <td>2%</td> <td>2%</td> <td>39%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>43%</td> </tr> </tbody> </table>	COMBUST.	19-37	37-56	56-75	75-130	130-300	300-560	Total	Diésel	1%	7%	16%	5%	1%	0%	30%	gas	0%	1%	24%	0%	0%	0%	25%	Gas/gasolina	0%	0%	2%	0%	0%	0%	2%	GASOLINA	2%	2%	39%	0%	0%	0%	43%
	COMBUST.		19-37	37-56	56-75	75-130	130-300	300-560	Total																																		
	Diésel		1%	7%	16%	5%	1%	0%	30%																																		
	gas		0%	1%	24%	0%	0%	0%	25%																																		
	Gas/gasolina		0%	0%	2%	0%	0%	0%	2%																																		
GASOLINA	2%	2%	39%	0%	0%	0%	43%																																				
gas																																											
Gas/gasolina																																											
Gasolina																																											



ORIGEN

Origen

- Código de importación.

**DEPURACIÓN DE
LAS BASES DE
DATOS DE
ADUANAS**



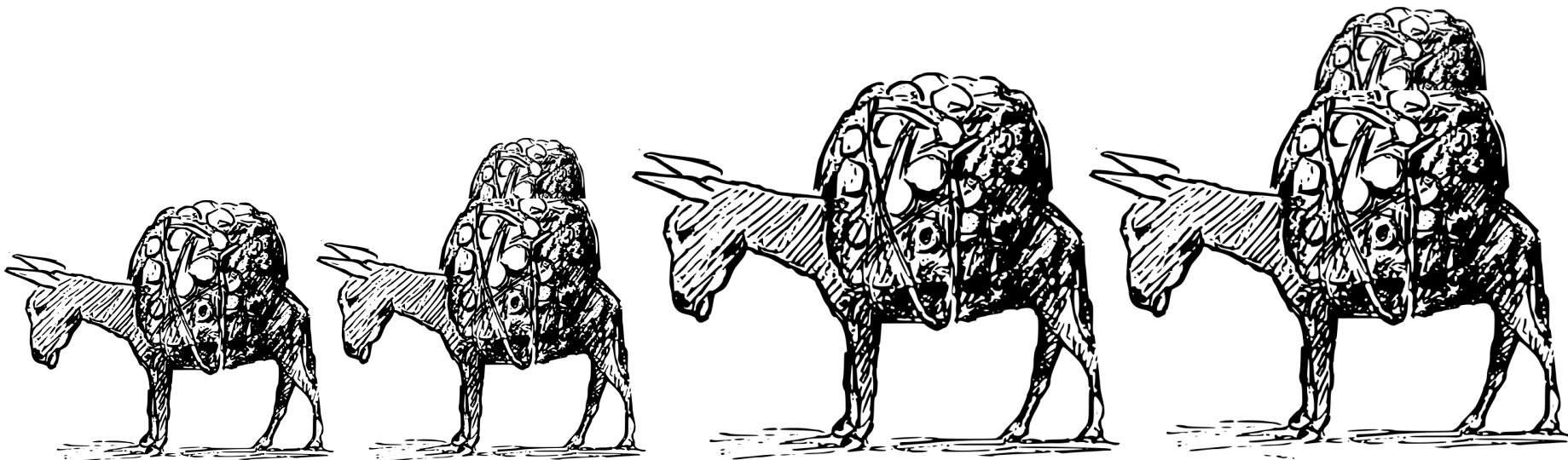
**DISTRIBUCIÓN
FINAL DE LA FLOTA
POR ANTIGUEDAD**





Vida media, vida útil y factor edad

- La **vida** del motor, medido en horas de funcionamiento, depende de la carga a la que trabaja ($\sim FC$).
- La **vida** del motor, medido en horas de funcionamiento, depende del tamaño del motor (motores más grandes viven más).



500 horas

300 horas

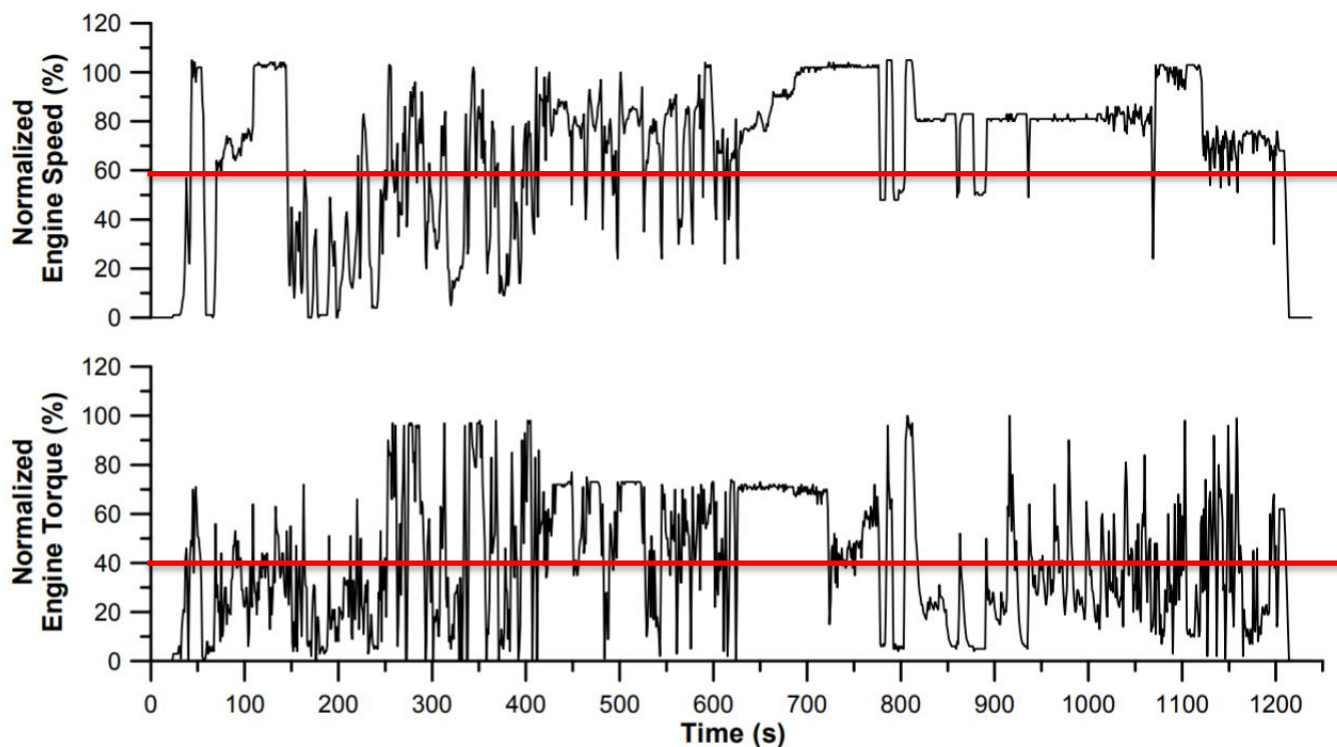
1000 horas

800 horas



Vida media, vida útil y factor edad

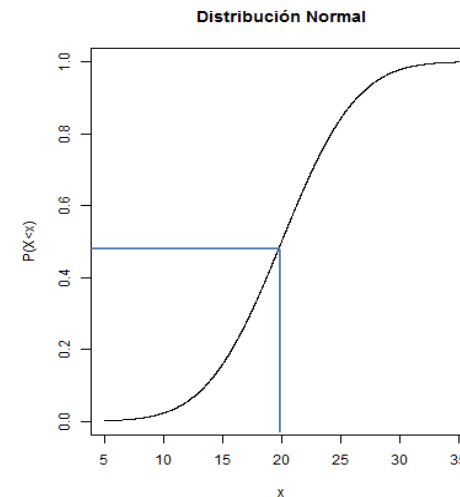
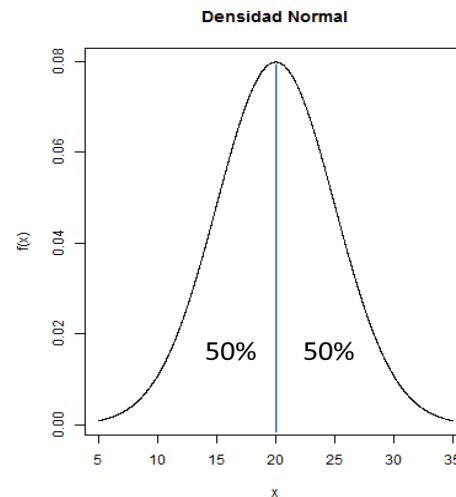
- El **NA** del motor, es la cantidad de horas de operación del motor en un año (motor encendido).
- El **FC** del motor, es la fracción entre la potencia promedio de operación del motor y la potencia nominal.





Vida media, vida útil y factor edad

- La **vida** de un motor es aleatoria según una distribución normal, que la EPA y los fabricantes han construido con el motor operando a plena carga (caso más desfavorable).
- La **vida media** del motor es la esperanza o la media de dicha distribución, que representa para una población de x motores, las horas a las que el 50% de la población se chatarreará (en condiciones de operación a plena carga).



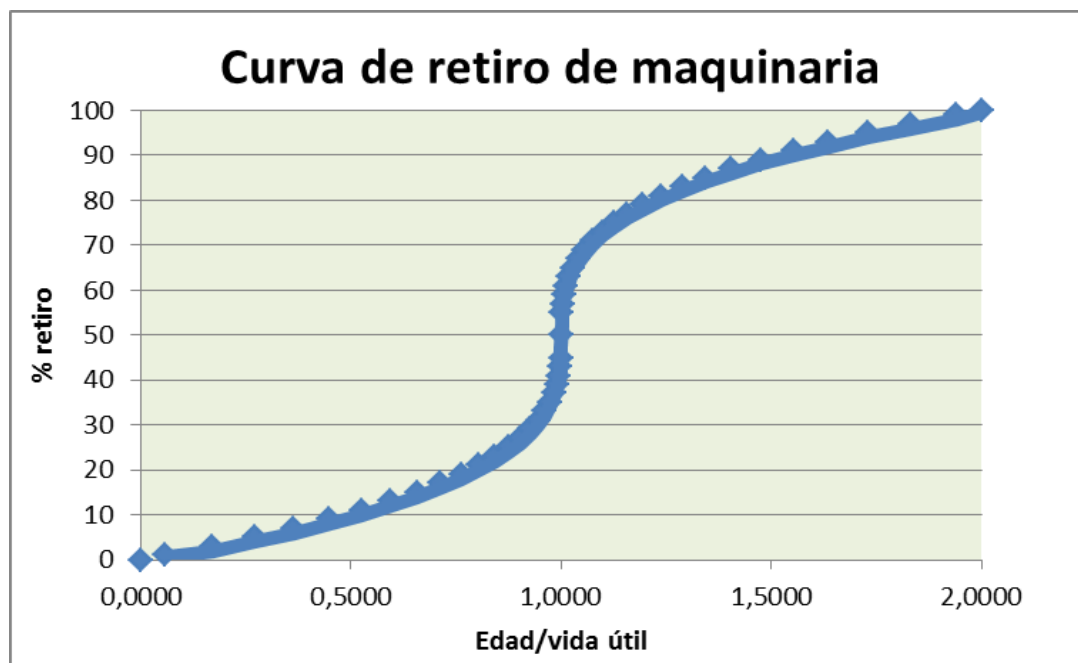


Distribución de flota por antigüedad

- La **vida útil** es el valor de vida media expresado en años (corregido por NA).
- Como la vida media ha sido calculada en condiciones de plena carga es necesario corregir por la carga real de operación del motor (carga promedio), esto se hace corrigiendo por FC

$$Vida\ útil = \frac{vida\ media\ [hrs]}{NA\ \left[\frac{hrs}{año}\right] \cdot factor\ de\ carga}$$

$$Factor\ Edad = \frac{Edada}{Vida\ Útil}$$





PREGUNTA



EJEMPLO 1

VARIABLE/PARÁMETRO	VALOR
País Origen	EEUU
Rubro	Construcción
Tipo (Etip)	Excavadora
Rangos Potencia EPA (Rpot)	56 ≤ kW < 75
Año importación	2013
Año fabricación	2013
Cantidad	252
Potencia prom (Pot) [kW]	66
Estándar de Emisiones (Eniv)	Tier 3
Edad en años (Edad al 2020)	7

Tipo de maquinaria	NA [Hrs/año]	Factor de Carga
Asfaltadora	821	0.59
Barredoras	1220	0.43
Bulldozer	899	0.59
Camiones Fuera de Carretera	1641	0.59
Cargador de troncos	1276	0.59
Cargador Frontal	761	0.59
Cosechadora Agricultura	110	0.59
Dumper	566	0.21
Excavadoras	1092	0.59

Potencia (kW)	Vida Media (Hrs)
>19 - 37	2.500
>37 - 75	4.667
>75 - 130	4.667
>130 - 225	4.667
>225 - 450	7.000
>450 - 560	7.000
> 560	7.000

$$\text{Factor Edad}_{sub} = \frac{(\text{Edad} \cdot \text{NA}_{sub} \cdot \text{FC}_{sub})}{\text{Vida Media}_{sub}} = 0.97$$





EJEMPLO 1

Factor Edad	% Acumulado de Chatarrización
0.0000	0
0.0588	1
0.1694	3
0.2710	5
0.3639	7
0.4486	9
0.5254	11
0.5948	13
0.6570	15
0.7125	17
0.7617	19
0.8049	21
0.8425	23
0.8750	25
0.9027	27
0.9259	29
0.9451	31
0.9607	33
0.9730	35
0.9824	37
0.9894	39
0.9942	41
0.9973	43
0.9990	45
1.0000	50

Factor Edad	% Acumulado de Chatarrización
continuación...	
1.0010	55
1.0027	57
1.0058	59
1.0106	61
1.0176	63
1.0270	65
1.0393	67
1.0549	69
1.0741	71
1.0973	73
1.1250	75
1.1575	77
1.1951	79
1.2383	81
1.2875	83
1.3430	85
1.4052	87
1.4746	89
1.5514	91
1.6361	93
1.7290	95
1.8306	97
1.9412	99
2.0000	100

Factor Edad = 0.97

Tasa de Chatarrización = 35%

⇒ $252 * 0.35 = 88$ unidades.

⇒ $252 - 88 = 164$ máquinas en la flota 2020



Distribución de flota por antigüedad

CONSIDERACIONES

- No se considera el “overhall” del motor como una opción para alargar su vida.
- La vida de la maquinaria está condicionada por la vida de su motor y no se considera el reemplazo del motor.

**NIVEL
TECNOLÓGICO DE
LA FLOTA**





METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES

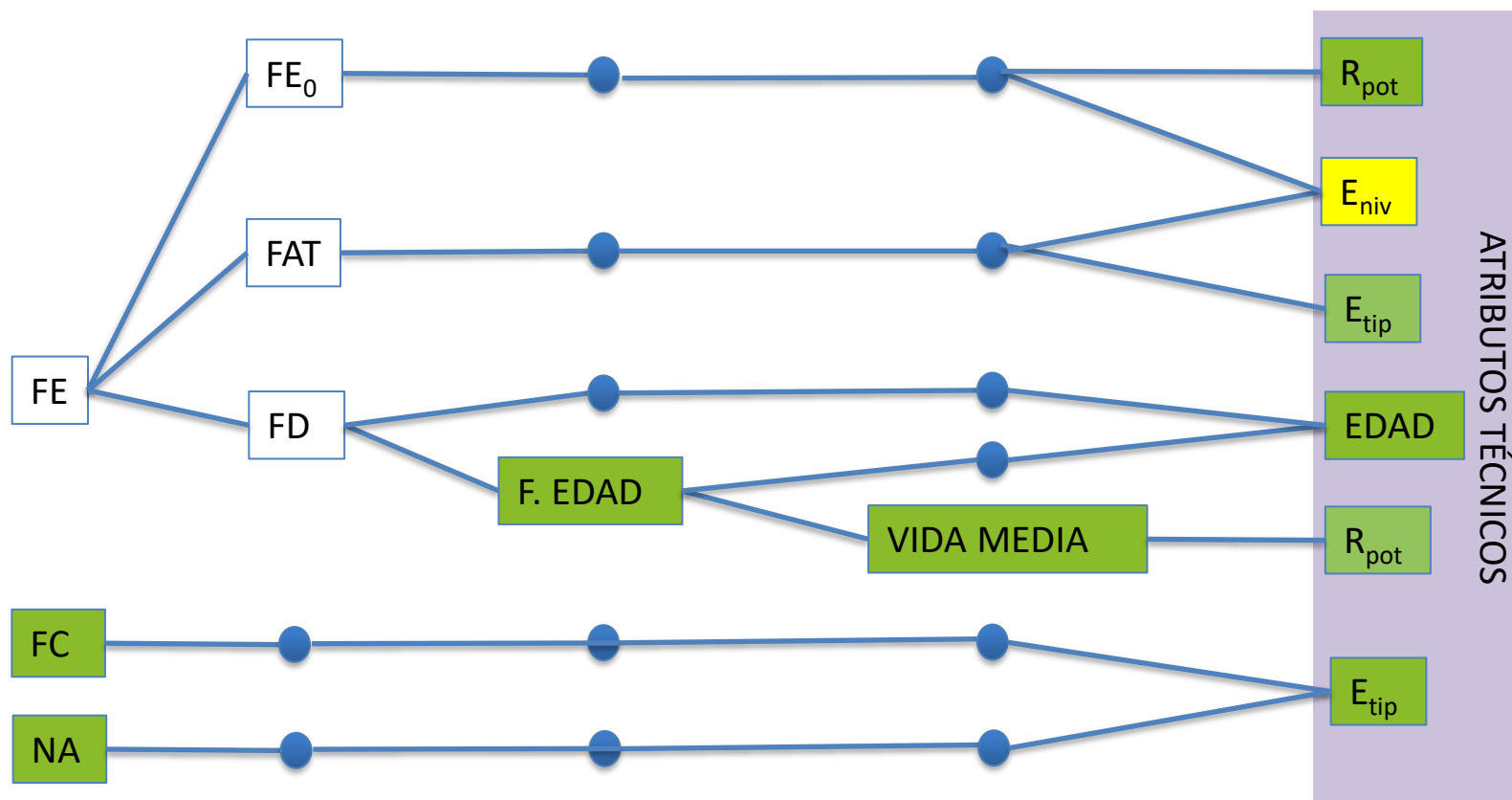
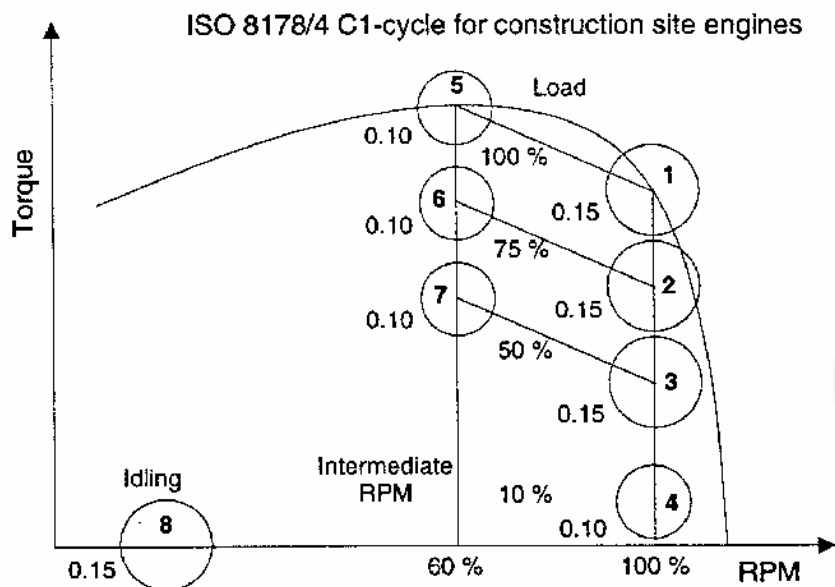


Diagrama de relaciones entre las variables de cálculo de emisiones y los atributos de la flota



METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES



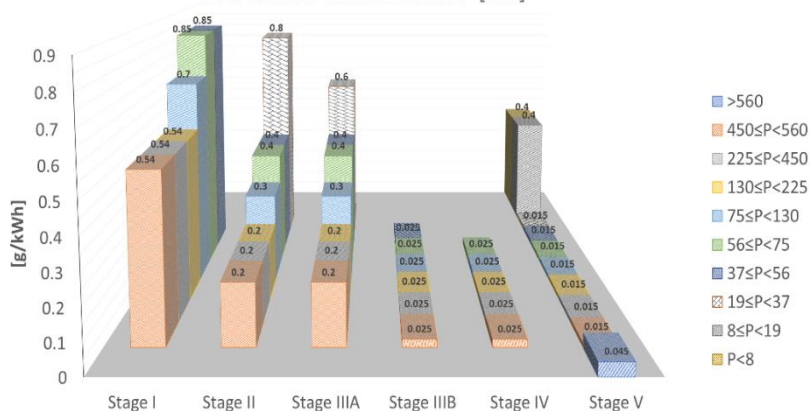
➔ FE_o [gr/kW-h]

$$Fe = \frac{C * V * \rho}{Pot * t}$$

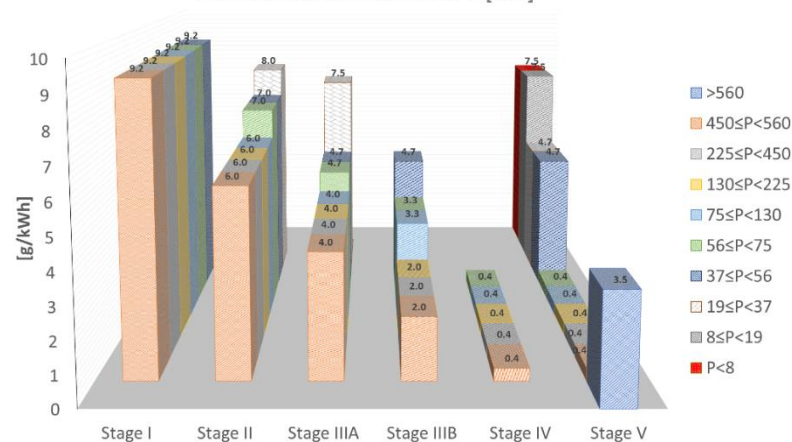


Nivel tecnológico de la flota

LÍMITE DE MP EN LA UNIÓN EUROPEA PARA MMFR
POR RANGO DE POTENCIA P [KW]



LÍMITE DE NOx EN LA UNIÓN EUROPEA PARA MMFR
POR RANGO DE POTENCIA P [KW]



Modificaciones al Motor

Sistema de inyección

Turbocargador

EGR

Post Tratamiento

DOC

DPF

SCR



Nivel tecnológico de la flota

- Para Chile, consultados los proveedores de tecnología, estimaron un retraso de 5 años en el ingreso de las exigencias más recientes.
- La tecnología depende del país de origen de la maquinaria.

Estandar de emisiones de los motores de encendido por compresión																	
País	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015+	
EUROPA	Stage I					Stage II				Stage IIIA			Stage IIIB		Stage IV		
EEUU	Tier 1	Tier 2				Tier 3			Tier 4 Int				Tier 4				
BRASIL															Tier 3		
CHINA									Tier 1	Tier 2							

Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV
Tier 1	Tier 2	Tier 3	Tier 4 Int	Tier 4



PREGUNTA

ASIGNACIÓN GEOGRÁFICA DE LA FLOTA





Asignación geográfica

- ¿Cómo asignar la flota (o el nivel de actividad) recopilada a nivel nacional a las distintas regiones o provincias?
- Se utilizan indicadores (estadísticas) del nivel de actividad tales como gasto en construcción, superficie cosechada, número de empleados del sector manufacturero y toneladas de producción de carbón.
- Se asume como una distribución del nivel de actividad, donde no hay restricciones de la movilidad de la maquinaria entre regiones o provincias.



EJEMPLO 2

- **Construcción:** gasto en construcción se reporta por la CChC para proyectos infraestructura > USD \$ 5 millones. Se usa permisos de edificación como complemento (gastos menores)
- Como edificación representa 30% inversión la participación de cada región según ambos indicadores.

Región	Gasto Construcción 2013		Permisos Edificación 2013		Indicador Ponderado
	(Mill. USD)	Participación (%)	(m ²)	Participación (%)	Participación (%)
Arica	74	0.94%	89,920	0.73%	0.88%
Tarapacá	336	4.29%	254,126	2.06%	3.62%
Antofagasta	2,933	37.43%	659,948	5.34%	27.80%
Atacama	1,315	16.78%	241,456	1.95%	12.33%
Coquimbo	225	2.87%	582,626	4.72%	3.42%
Valparaíso	339	4.33%	1,185,883	9.60%	5.91%
Metropolitana	1,604	20.47%	5,778,767	46.77%	28.36%
O'Higgins	310	3.96%	469,799	3.80%	3.91%
Maule	45	0.57%	674,856	5.46%	2.04%
Biobío	305	3.89%	1,231,012	9.96%	5.71%
Araucanía	65	0.83%	453,350	3.67%	1.68%
Los Ríos	5	0.06%	191,014	1.55%	0.51%
Los Lagos	125	1.59%	401,390	3.25%	2.09%
Aysén	7	0.09%	68,180	0.55%	0.23%
Magallanes	149	1.90%	72,624	0.59%	1.51%
Total	7,837	100.00%	12,354,951	100.00%	100.00%



EJEMPLO 2

- **Agrícola-Forestal:** En Chile se dispone de estadísticas para superficie tierras sembradas y superficie forestada y reforestada (como un proxy).

Región	Agrícola ⁽¹⁾	Forestal ⁽²⁾	Agrícola-Forestal
XV	0,08%	0,03%	0,08%
I	0,08%	0,00%	0,08%
II	0,08%	0,02%	0,08%
III	0,08%	0,06%	0,08%
IV	0,50%	0,06%	0,49%
V	0,60%	2,28%	0,64%
RM	3,00%	0,24%	2,93%
VI	9,70%	2,07%	9,51%
VII	16,30%	19,04%	16,37%
VIII	24,80%	48,01%	25,37%
IX	36,20%	18,50%	35,76%
XIV	3,80%	7,65%	3,90%
X	4,60%	1,95%	4,53%
XI	0,08%	0,03%	0,08%
XII	0,08%	0,05%	0,08%

Fuente: [INE]



EJEMPLO 2

- **Industria:** Ocupados sector industrial.

Región	Ocupados 2013 Industria [Miles]	Participación 2013/2014
XV	5	0,60%
I	10	1,10%
II	25	2,80%
III	10	1,10%
IV	19	2,10%
V	66	7,30%
RM	449	49,40%
VI	33	3,60%
VII	41	4,50%
VIII	107	11,70%
IX	47	5,10%
XIV	24	2,70%
X	61	6,70%
XI	6	0,60%
XII	6	0,60%
Total País	909	100,00%

Fuente: [INE]

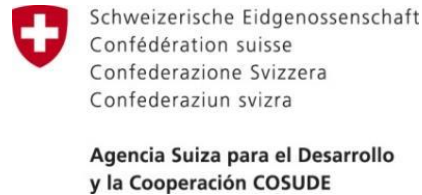


EJEMPLO 2

- Minería: Toneladas de concentrado fino.

Región	Producción de Cobre	Participación 2013
XV	647	0,01%
I	587881	10,05%
II	3048303	52,10%
III	420992	7,20%
IV	577495	9,87%
V	329422	5,63%
R.M.	415784	7,11%
VI	470596	8,04%
TOTALES	5.851.120	100,00%

Fuente: [Sernageomín]



CALAC+ es un programa de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación - COSUDE ejecutado por Swisscontact

Contacto CALAC+:

Santiago Morales – Coordinador Regional de Políticas Maquinaria Móvil No de Carretera CALAC+
Santiago.morales@swisscontact.org

Consultor CALAC+:

Aliosha Reinoso D.
aliosha.reinoso@geasur.cl



www.programacalac.com



@CALACplus



@Calacplus