

15/12/2023

**MAQUINAS ELÉCTRICAS**  
**3º C del Grado de Ingeniería Eléctricas**  
**HORARIO Curso 2023-2024**

**Campus Remoto**  
**Sala de Profesorado (Sala 1938)**  
**Contraseña Estudiantes: xxx5422AAA**

15/12/2023

# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## 3º C del Grado de Ingeniería Eléctricas

### HORARIO Curso 2023-2024

CURSO 3º		INGENIERÍA ELÉCTRICA		
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
9.00-9.30				
9.30-10.00		<b>ME</b> <b>(A-13)</b>		
10.00-10.30				
10.30-11.00				
11.00-11.30	<b>p-ME</b> <b>i-AI A</b> <b>i+1 Lab</b>			<b>ME</b> <b>(A-13)</b>
11.30-12.00				
12.00-12.30				
12.30-13.00				
13.00-13.30				
13.30-14.00				
14.00-14.30				
14.30-15.00				

### TUTORÍAS

Profesor: Manuel Pérez Donsión. Despacho 248 y online, previo acuerdo por correo electrónico.

# MÁQUINAS ELÉCTRICAS

## Importancia de las máquinas eléctricas

¿Os imagináis cómo sería nuestra vida sin motores eléctricos? no solamente a nivel industrial (cintas transportadoras, taladradoras, etc), sino también en el ámbito doméstico: ¿cómo arrancaríamos el coche sin el motor de arranque? ¿y la lavadora? ¿y la batidora?

Pero qué me decís de los generadores: ¿cómo obtendríamos la energía eléctrica?.

Mirando a nuestro alrededor es difícil imaginar un mundo sin máquinas eléctricas, sin motores, transformadores, etc, por lo que su estudio resulta ser fundamental .

# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## DISTRIBUCIÓN DE LA DOCENCIA

### Contenidos teóricos

#### Tema 1. Teoría General de Máquinas Eléctricas

##### T1. Principios fundamentales



- Importancia de las máquinas eléctricas.
- Principios básicos de funcionamiento.
- Principios de la conversión electromecánica.
- Campos electromagnéticos. Ecuación de Maxwell.
- Inducción magnética.
- Flujo magnético.
- Fuerza magnetomotriz.
- Reluctancia magnética.
- Paralelismo entre circuitos eléctricos y circuitos magnéticos.
- Máquinas eléctricas (ME).
  - Máquinas eléctrica elemental.
  - Máquinas eléctricas rotativas.
- Fuerza electromotriz inducida.
- Efecto generador.
- Creación de campos magnéticos.
- Fuerza electromagnética.
- Correlación gráfica.
- Estudio del generador elemental.
- Estudio del motor elemental.

# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## DISTRIBUCIÓN DE LA DOCENCIA

### Contenidos teóricos

#### T2. 1. Transformadores de potencia

- Tipos de Máquinas Eléctricas.
- Transformadores. Introducción.
- Transformador ideal en vacío.
- Transformador real en vacío.
- Transformador ideal en carga.
- Circuito equivalente.
- Circuito equivalente aproximado.
- Diagrama vectorial.
- Ensayo del transformador en cortocircuito.
- Pérdidas en un transformador.
- Rendimientos de un transformador.
- Rendimiento máximo de un transformador
- Caídas de tensión en un transformador.
- Regulación de tensión en los transformadores.
- Acoplamiento en paralelo de transformadores.
- Accidente de cortocircuito en un transformador.
- Corriente de conexión de un transformador.
- Transformador trifásico.
- Acoplamiento en paralelo de transformadores trifásicos.
- Transformadores de medida.
- Transformadores de intensidad.
- Transformadores de tensión.



# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## DISTRIBUCIÓN DE LA DOCENCIA

### Contenidos teóricos

#### T2. 2. Transformadores de medida

- Introducción
- Transformadores de intensidad
- Introducción
- Transformador ideal
- Transformador real en vacío.
- Transformador real en carga.
- Error de intensidad.
- Error de fase.
- Cargas y potencias de precisión o nominales.
- Clases de precisión.
- Potencia nominal o de precisión...
- Funcionamiento.
- Diseño y fabricación
- Aplicaciones.
- Transformadores de tensión.
- Introducción.
- Diseño general.
- Circuito equivalente.
- Diagrama fasorial.
- Tensión más elevada para el material. Tensión asignada.
- Error de tensión.
- Error de fase
- .Clases de precisión.
- Potencia nominal o de precisión,...



# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## DISTRIBUCIÓN DE LA DOCENCIA

### Contenidos teóricos

#### **T3. Características generales y específicas de las ME**

- Máquinas eléctricas rotativas. Clasificación.
- Devanados principales de las máquinas eléctricas.
- Evolución del circuito magnético.
- Constitución de las máquinas eléctricas.
- Clasificación y detalles diferenciales de las máquinas eléctricas.
- Velocidad síncrona.
- Principio de funcionamiento de los motores síncronos y asíncronos.
- Aplicaciones: M. asíncronas-M. síncronas.
- El generador síncrono.
- El motor síncrono. Inconvenientes.
- Materiales utilizados en las ME
- Circuito magnético. Materiales ferromagnéticos.
- Ciclo de histéresis.
- Materiales conductores.
- Materiales aislantes.
- Clases de aislamiento y temperaturas admisibles.
- Degradación del aislamiento.
- Requisitos que debe satisfacer un aislante.
- Balance de energía.
- Pérdidas de las máquinas eléctricas.
- Rendimiento de las máquinas eléctricas.
- Calentamiento de las máquinas eléctricas.
- Enfriamiento de las máquinas eléctricas.
- Clases de servicio de las máquinas eléctricas.



# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## DISTRIBUCIÓN DE LA DOCENCIA

### Contenidos teóricos

#### Tema 4. Máquinas asíncronas

##### T4.1. Campos magnéticos giratorio y devanados de las ME de ca.

- Campo magnético giratorio.
- Devanados de las máquinas de ca.

##### T4.2. Funcionamiento y aplicaciones de las máquinas asíncrona

- Principio de funcionamiento de las máquinas asíncronas.
- Ley de Biot y Savart.
- Deslizamiento.
- Frecuencias de las corrientes del rotor.
- Máquinas asíncronas. Constitución.
- Devanados de las máquinas asíncronas.
- Circuito equivalente.
- Circuito equivalente con el rotor parado.
- Circuito equivalente con el rotor girando.
- Circuito equivalente: Reducción del rotor al estator.
- Diagrama vectorial.
- Circuito equivalente simplificado.
- .....





# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## DISTRIBUCIÓN DE LA DOCENCIA

### Contenidos teóricos

#### Tema 4. Máquinas asíncronas

#### T4.2. Funcionamiento y aplicaciones de las máquinas asíncrona.

- Funcionamiento de las máquinas asíncronas.
- Funcionamiento en vacío.
- Funcionamiento con rotor parado.
- Funcionamiento en carga.
- Ensayo de vacío o de rotor libre.
- Ensayo de cortocircuito o de rotor bloqueado.
- Máquinas asíncronas. Balance de potencias.
- Motores asíncronos. Rendimiento.
- Motores asíncronos de alta eficiencia.
- Máquinas asíncronas. Características de par-deslizamiento.
  - Funcionamiento como freno.
  - Funcionamiento como motor.
  - Funcionamiento como generador.
- Máquinas asíncronas. Curvas características.
- Motores asíncronos-Máquinas accionadas.
- Motores asíncronos. Aplicaciones.



# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## DISTRIBUCIÓN DE LA DOCENCIA

### Contenidos teóricos

#### Tema 4. Máquinas asíncronas

##### T4.3. Arranque

- Motores asíncronos. Arranque.
  - Arranque directo.
  - Arranque por resistencias intercaladas en el estator.
  - Arranque por autotransformador.
  - Arranque estrella-triángulo.
  - Arranque por inserción de resistencias en el circuito del rotor.
  - Motor de inducción de doble jaula de ardilla
  - Motor de inducción de ranura profunda
- Motores asíncronos. Cambio del sentido de giro.
- Motores asíncronos. Características nominales.



# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## DISTRIBUCIÓN DE LA DOCENCIA

### Contenidos teóricos

#### Tema 4. Máquinas asíncronas

##### T4.4. Regulación de velocidad

- Variación del par de un motor asíncrono con la tensión de alimentación.
- El motor asíncrono alimentado en corriente.
- El motor asíncrono alimentado a frecuencia variable.
- Modulación PWM
- Cicloconvertidores trifásicos.
- Bucles de control para los accionamientos de ca.
- Fundamentos de control del motor asíncrono ( $V/f=Cte$ ).
- Zonas de trabajo en el control del motor asíncrono.
- Control en bucle cerrado del motor asíncrono a flujo constante.
- Control vectorial.



# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## DISTRIBUCIÓN DE LA DOCENCIA

### Contenidos teóricos



#### **T4.5. Motores de inducción monofásicos**

- Sistema monofásico.
- Constitución y principio de funcionamiento.
- Equivalencia del motor monofásico a dos motores trifásicos. Teorema de Leblanc.
- Circuito equivalente.
- Arranque y características funcionales del motor monofásico.
  - Motor de fase partida.
  - Motor de arranque por condensador.
  - Motor de espira de sombra.

Aplicaciones del motor de inducción monofásico.

# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## DISTRIBUCIÓN DE LA DOCENCIA

### Contenidos teóricos

#### Tema 5. Máquinas Síncronas



- El alternador elemental.
- Constitución de la máquina síncrona.
  - Devanado inducido.
  - Tipos de inductores.
    - Excitación estática.
  - Devanado amortiguador.
- Principio de funcionamiento.
- El alternador en vacío.
- Circuito equivalente. Diagrama de Behn-Schenburg.
- Funcionamiento en carga del alternador.
  - Con carga resistiva.
  - Con carga inductiva.
  - Con carga capacitiva.
- Reacción del inducido.
- Diagrama de Behn-Schenburg: Caída de tensión.
- Característica exterior.
- Característica de regulación.
- Diagrama de Behn-Schenburg. Determinación de la reactancia síncrona
- Diagrama de Behn-Schenburg simplificado.
- Representación de las potencias.

.....

# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## DISTRIBUCIÓN DE LA DOCENCIA

### Contenidos teóricos

#### Tema 5. Máquinas Síncronas

.....

- Funcionamiento del alternador en una red aislada.
- Regulación de los alternadores.
- Balance de potencias. Rendimiento.
- El alternador acoplado a una red de potencia infinita.
  - El motor asíncrono.
  - Principio de funcionamiento.
  - Campo magnético del estator.
  - Motor en vacío.
  - Motor en carga.
  - Circuito equivalente. Diagrama de Blondel.
  - Curvas en V (de Mordey).
  - Potencia y par del motor.
  - Estabilidad del motor.



# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## DISTRIBUCIÓN DE LA DOCENCIA

### Contenidos teóricos

#### Tema 5. Máquinas Síncronas

.....

- Funcionamiento del alternador en una red aislada.
- Regulación de los alternadores.
- Balance de potencias. Rendimiento.
- El alternador acoplado a una red de potencia infinita.
  - Estabilidad del alternador acoplado.
- Marcha en paralelo de dos alternadores.
- Analogía mecánica de la máquina síncrona.
- El motor asíncrono.
  - Principio de funcionamiento.
  - Campo magnético del estator.
  - Motor en vacío.
  - Motor en carga.
  - Circuito equivalente. Diagrama de Blondel.
  - Curvas en V (de Mordey).
  - Potencia y par del motor.
  - Estabilidad del motor.



# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## DISTRIBUCIÓN DE LA DOCENCIA

### Contenidos teóricos



#### **T6. Máquinas de corriente continua**

- Elementos constitutivos de las máquinas de c.c.
- Principio de funcionamiento.
- Sistemas de excitación.
- Reacción de inducido
- Conmutación
- Generadores y motores en servicio
- Regulación de velocidad de los motores de c.c.

#### **T 7. Máquinas eléctricas especiales**

- Motores especiales: motores síncronos de imanes permanentes
- Motores paso a paso

#### **Tema 8. Mando y protección de Máquinas Eléctricas.**

- Dispositivos de mando de las máquinas eléctricas
- Sistemas de protección de las máquinas eléctricas
- Protección contra sobrecorrientes y cortocircuitos
- Protección contra caídas de tensión y sobretensiones



# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## PRÁCTICAS DE LABORATORIO



# PRÁCTICAS DE MAQUINAS ELÉCTRICAS

Semanas (i)

Aula de Informática A

Semanas (i+1)

Laboratorio de ME

Semana	Fecha	Práctica N°	Título
i	18-sep	1AI	Análisis de un sistema trifásico (ST) con dos alimentaciones y armónicos
p	25-sep	1L	Presentación del LabME
i	02-oct	2AI	Análisis del comportamiento transitorio de bobinas y condensadores
p	09-oct	2L	Ensayos del transformador monofásico
i	16-oct	3AI	Análisis de un transformador monofásico
p	23-oct	3L	Ensayos del transformador trifásico
i	30-oct	4AI	Análisis del transformador trifásico
i	06-nov	5AI	Análisis del CD de los MAsT ante perturbaciones
p	13-nov	4L	Ensayos del los MAsT
i	20-nov	6AI	Análisis del CD de los MAsT conectado a una red con dos alimentaciones
p(*)	27-nov	7AI	Análisis del CD de los MAsT durante el arranque y ante perturbaciones
p	11-dic	5L	Ensayo de la Mcc
		(*)	Se solicitará aula de informática

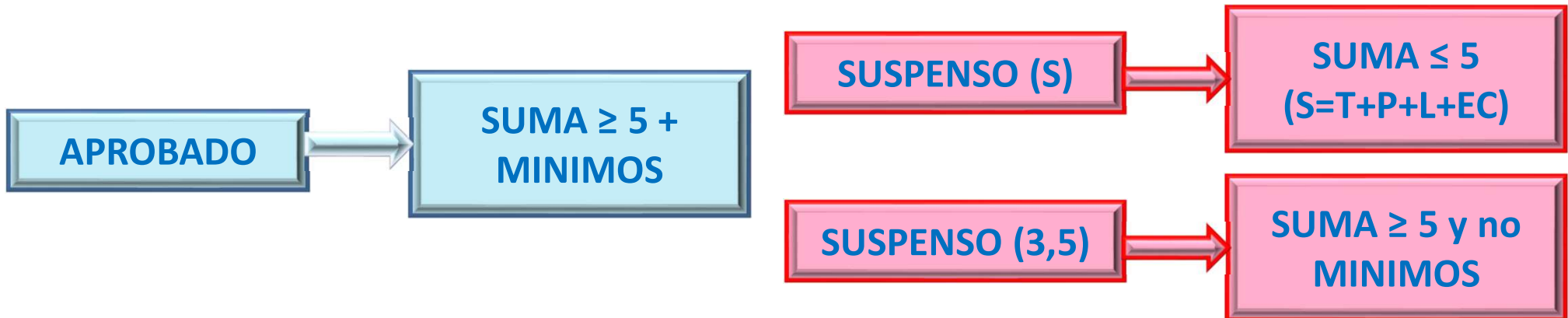
# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## EXAMENES

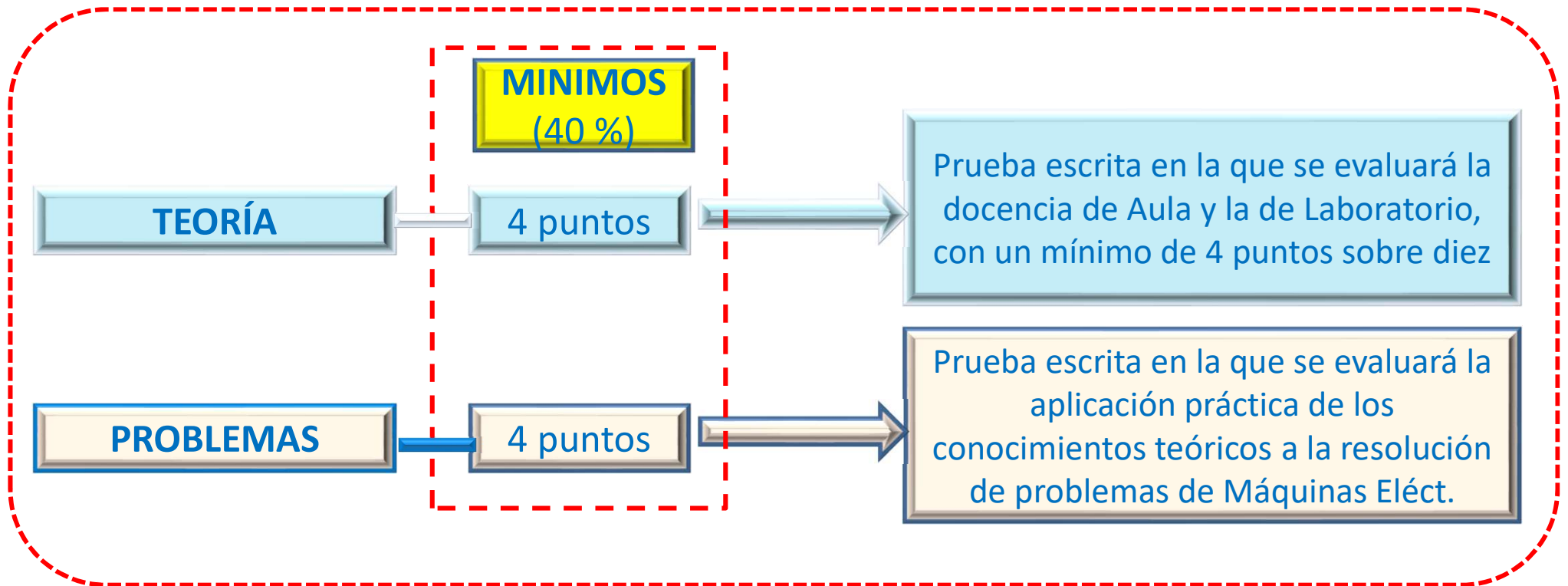
Examen	Profesor
Jueves 18 de enero 2024 Aula 4 (2 no); 16:00 H	Manuel Pérez Donsión
Jueves 20 de junio 2024 Aula 7 (8 no); 16:00 H	

**Recuperación de las pruebas de evaluación continua:**  
Miércoles 20 de diciembre de 11:30 a 14:00 H, Aula 9.

# EVALUACIÓN Y CALIFICACIONES



# EVALUACIÓN CONTINUA



1ª prueba  
PRINCIPIOS  
FUNDAMENTALES +  
TRANSFORMADORES

2ª prueba  
MAQUINAS ASÍNCRONAS

3ª prueba  
MAQUINAS SÍNCRONAS +  
MAQUINAS DE CC

Superadas las 3 pruebas con  $\geq 40\%$  (4 puntos/10) no se requiere realizar el EXAMEN FINAL  
Si el alumno no consigue superar las 3 pruebas no se le guardan las aprobadas.



Jesús Fraile

15/12/2023



Luis Serrano

# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## Bibliografía

### Jesús Fraile Mora

Máquinas Eléctricas. Garceta, 2015

Problemas de Máquinas Eléctricas, Garceta, 2015

### Manuel Cortes Cherta

Curso Moderno de Máquinas Eléctricas Rotativas. 5 tomos.  
Editores Técnicos Asociados, 1970.

(El tomo V, "Las máquinas eléctricas en régimen dinámico",  
se editó en 1990) -

### Luis Serrano Iribarnegaray

Fundamentos de Máquinas Eléctricas rotativas  
Marcombo, 1989

### Javier Sanz Feito

Máquinas Eléctricas  
Prentice Hall, 2002

### Angel M. Alonso

Teoría de las maquinas de corriente continua y motores de colector  
Departamento de Publicaciones de la E.T.S.I.I. de Madrid, 1979.



Javier Sanz



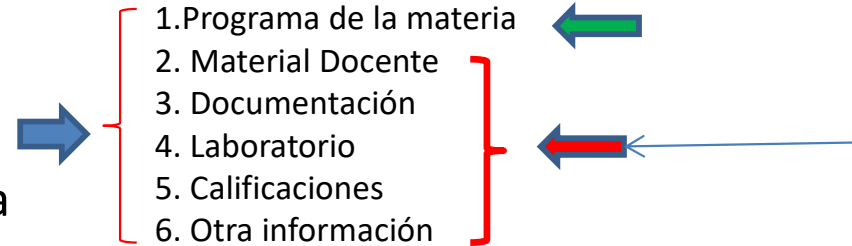
Ángel M. Alonso

# MAQUINAS ELÉCTRICAS

## ACCESO A LA DOCUMENTACIÓN

<http://www.donsion.org/docencia.htm>

1º Semestre, Curso 2023-2024  
Máquinas Eléctricas  
3º C. del Grado de Ingeniería Eléctrica



Introduzca la contraseña:

Para acceder a la información restringida que solicita es preciso disponer de autorización y conocer la correspondiente contraseña, sin la cual resultará imposible el acceso.

**me&120923\$**

**Campus remoto uvigo**

Sala 1938. Prof. Manuel Pérez Donsión

Contraseña acceso estudiantes: **xxx5422AAA**

Contraseña automatrícula: **me&120923\$**